

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 004.942:519.216.3
ММСА

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри

_____ О.Л.Тимощук
«___» _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: «Моделі і методи оцінювання актуарних ризиків»

Виконав:
студент II курсу, групи КА-72мп
Кириченко Владислав Андрійович

Керівник: професор кафедри ММСА,

д.т.н., професор,

Бідюк П.І.

Рецензент: професор кафедри ЗЗІ КПІ ім. І.Сікорського,

д.т.н., професор,

Архипов О.Є.

дисертації

Засвідчую, що у цій магістерській

немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань

Студент _____

Київ

2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти — другий (магістерський)

Спеціальність (спеціалізація) — 124 «Системний аналіз» («Системний аналіз фінансового ринку»)

ММСА

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ О.Л. Тимощук

«___» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту Кириченко Владиславу Андрійовичу

1. Тема дисертації: «Моделі і методи оцінювання актуарних ризиків», науковий керівник дисертації Бідюк Петро Іванович, професор, доктор технічних наук, затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4121-с

2. Термін подання студентом дисертації:

3. Об'єкт дослідження: моделювання актуарних ризиків та методи оцінки моделі

4. Предмет дослідження: математичні моделі, методи фільтрації та прогнозування на основі статистичних даних.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

- 1) Огляд технічної літератури за темою роботи;
- 2) Дослідження актуальності обраної теми;
- 3) Вибір методів для моделювання і прогнозування;
- 4) Збір вхідних даних;
- 5) Виконання обчислювальних експериментів;
- 6) Аналіз результатів моделювання і прогнозування;
- 7) Проведення аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту;
- 8) Підготовка ілюстративного матеріалу;
- 9) Оформлення пояснювальної записки.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1) Постановка завдання дослідження;
- 2) Методи аналізу актуарних ризиків;
- 3) Процедура адаптації моделі;
- 4) Наукова новизна результатів.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

(1) XII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатизації», Київ, Державний університет телекомунікацій, грудень, 2018 р.

(2) Адаптивне байєсівське моделювання і прогнозування нестаціонарних процесів // Системні дослідження та інформаційні технології. – Стаття подана в редакцію журналу.

8. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Отримання завдання на магістерську дисертацію	07.09.2018 – 09.09.2018	
2.	Огляд технічної літератури за темою	10.09.2018 – 30.09.2018	
3.	Дослідження актуальності обраної теми	01.10.2018 – 07.10.2018	
4.	Вибір методів для моделювання і прогнозування	08.10.2018 – 14.10.2018	
5.	Збір вхідних даних	15.10.2018 – 21.10.2018	
6.	Виконання обчислювальних експериментів	22.10.2018 – 28.10.2018	
7.	Аналіз результатів моделювання і прогнозування	29.10.2018 – 04.11.2018	
8.	Проведення аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту	05.11.2018 – 11.11.2018	
9.	Підготовка ілюстративного матеріалу	12.11.2018 – 18.11.2018	
10.	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2018 – 26.11.2018	

Студент

В.А. Кириченко

Науковий керівник дисертації

П.І. Бідюк

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація: 124 с., 31 рис., 7 табл., 2 додатки, 12 джерел.

Об'єкт дослідження – актуарні розрахунки у сфері автострахування.

Предмет дослідження – методології оцінювання актуарних ризиків та методи побудови алгоритмів здатних до навчання.

Методи дослідження – статистичні методи аналізу актуарних ризиків , теорія моделювання ризиків, байєсівські класифікатори , байєсівські мережі та алгоритми машинного навчання.

Метою роботи є проаналізувати предмет дослідження, дослідити ефективність існуючих традиційних методик прогнозування актуарних ризиків та застосувати методи проектування алгоритмів машинного навчання.

В роботі проведено огляд основних підходів до моделювання актуарних ризиків, розглянуто та проаналізовано методи байєсівської класифікації. Було проаналізовано результати моделювання та оцінювання за-для обґрунтованого вибору найкращої моделі для оцінки актуарних.

Створено інформаційну-аналітичну систему для моделювання, аналізу та прогнозування ризиків у сфері автострахування на базі логістичної регресії та наївного байєсівського класифікатора для подальшої обробки та тарифікації ціни автострахування.

Система реалізована на мові програмування C#. Наведено приклади застосування програми для прогнозування та оцінювання актуарних ризиків у сфері автострахування на реальних даних.

**АКТУАРНИЙ РИЗИК, АВТОСТРАХУВАННЯ, БАЙЄСІВСЬКИЙ
КЛАСИФІКАТОР.**

ABSTRACT

Thesis: 124 p., 31 fig., 7 tab., 2 applications, 12 sources.

The object of the study is actuarial calculations in the field of motor insurance.

Subject of study - methodology for assessing actuarial risks and methods of constructing algorithms capable of learning.

Methods of research - statistical methods of analysis of actuarial risks, theory of modeling of risks, Bayesian classifiers, Bayesian networks and algorithms of machine learning.

The aim of the work is to analyze the subject of research, to investigate the effectiveness of existing traditional methods of forecasting actuarial risks and to apply methods of designing algorithms for machine learning.

The paper reviews the main approaches to the modeling of actuarial risks, examines and analyzes the methods of the Bayesian classification. The results of simulation and evaluation of the reason for choosing the best model for actuarial evaluation were analyzed.

The information-analytical system for modeling, analysis and forecasting of risks in the field of motor insurance on the basis of logistic regression and the naive Bayesian classifier for further processing and tariffing of the price of auto insurance was created.

The system is implemented in the C # programming language. Examples of application of the program for forecasting and estimating actuarial risks in the field of motor insurance on real data are given.

ACTUAL RISK, AUTOMOTIVE, BAYESV CLASSIFICATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СТРАХОВІ РИЗИКИ.....	10
1.1 Поняття ризику, види ризиків.....	10
1.2 Визначення ризику	10
1.3 Класифікація ризиків.....	12
1.4 Управління ризиком	15
1.5 Аналіз ризику.....	16
1.6 Сутність страхування	20
1.7 Основні поняття і типи договорів страхування.	21
1.8 Ризики, що підлягають страхуванню	25
1.9 Особливості та завдання актуарних розрахунків:	27
1.10 Колективний баланс	29
1.11 Основні принципи розрахунку страхових премій	33
1.12 Ризики страхової компанії	36
1.13 Операційний ризик страхового шахрайства.....	36
2. МОДЕЛЮВАННЯ АКТУАРНИХ РИЗИКІВ.....	39
2.1. Моделювання ризику банкрутства	39
2.1.2 Паралельний метод статистичного моделювання (метод Монте-Карло). 41	
2.2. Моделювання збитків.....	42
2.2.1. Гама-роізподіліі	43
2.2.2. Зворотний гауссівський розподіл	45
2.2.3. Модифікований розподіл Пуассона.....	47
2.3 Модель колективного ризику	48
2.3.1 Основні принципи розрахунку страхової премії	49
2.3.2 Основна частина нетто-ставки	50
2.3.3 Частковий збиток	51
2.3.4 Збитковість	52
2.3.5 Верхня границя очікуваних збитків і ризикова надбавка.....	52
2.4 Моделювання операційних ризиків.....	57
2.4.1 Види моделювання ризиків	59
2.5. Байєсівські мережі	63
2.5.1 Дискретные БС.....	67
2.5.3 іНепрерывные БС.....	68
2.5.4 Гибридные БС.....	69
2.6 Алгоритм побудови мережі Байєса	70
3. СТАТИСТИКА СТРАХУВАННЯ.....	72
3.1. Сутність страхової статистики.....	72
3.2. Розрахунок страхових показників	75
3.3. Побудова моделі	88
3.3.1 Мета роботи	89
3.3.2 Аналіз статистичних даних та виявлення факторів впливу ..	89
3.3.3 Постановка задачі	90
3.4.1. Побудова класифікатора при відомих щільності класів.....	92

3.5. Логістична регресія	93
3.6. Наївний байєсівський класифікатор	95
3.7 Результати	96
4. СТАРТАП ПРОЕКТ	105
5.1 Опис ідеї проекту	105
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	105
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	106
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	110
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту	112
Висновки до розділу	114
ВИСНОВКИ	115
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	116
ДОДАТОК А	118

ВСТУП

Сучасне ринкове суспільство неможливо собі уявити без страхування, яке є невід'ємною складовою цивілізованого життя в розвинутих країнах, сприяє розвитку економіки та розв'язанню соціальних проблем, забезпечує неперервність процесу суспільного виробництва та дієву систему захисту майнових прав та інтересів усіх громадян і підприємств різних форм власності.

Як економічна категорія страхування є системою економічних відносин, яка включає сукупність форм і методів формування цільових фондів коштів і їх використання для відшкодування збитку при різних ризиках. Страхування є, з одного боку, захистом підприємницької діяльності і добробуту людей, з іншого — приносить дохід. Джерелами прибутку страхових компаній виступають доходи від страхової діяльності, від інвестицій тимчасово вільних коштів у об'єкти виробничої та невиробничої сфер діяльності, цінні папери, банківські депозити тощо.

В країнах, що є світовими лідерами в сфері соціальних і ринкових відносин (США, Японія і європейські країни), страхування є однією з найбільш стабільно і динамічно розвинутих галузей народного господарства.

Існує прямий зв'язок між рівнем матеріальних благ суспільства, ступенем розвитку ринкових відносин і рівнем розвитку страхування. Так в Швейцарії обсяг страхових внесків на одного жителя складає 2900 доларів, а частка страхування у ВВП дорівнює 8,6%. Аналогічний показник у США — 2100 доларів і 8,7%. В той же час, обсяг страхових премій із розрахунку на одного українця у 2005 році становив близько 50 євро.

Страхова діяльність належить до найприбутковіших видів світового бізнесу. Ресурси, акумульовані страховими компаніями, переважно використовуються для довготермінових виробничих капіталовкладень через ринок цінних паперів, тоді як більшість банків, які опираються, здебільшого, на порівняно короткотермінові залучені кошти, таких можливостей не мають.

Тому поступово страхові компанії починають домінувати на світових і національних ринках капіталів. Оскільки приплив грошових коштів у вигляді

страхових премій і доходів від активних операцій, як правило, набагато перевищує суму щорічних виплат власникам страхових договорів, це дає змогу страховим компаніям із року в рік збільшувати інвестиції в довготермінові цінні папери з фіксованими термінами погашення. В роботі досліджується проблеми прогнозування та моделювання страхових ризиків. Страховий ризик – це такий ризик, який може бути оцінений з точки зору настання страхового випадку та кількісних розмірів можливого збитку. Сутністю страхування, є перекладання частини ризиків клієнта (Страхувальника) за деяку плату на страхову компанію (Страховика).

1. СТРАХОВІ РИЗИКИ

1.1 Поняття ризику, види ризиків

Протягом усього історичного шляху розвитку людське суспільство в кожній сфері своєї діяльності стикається із суперечностями між природою і людиною, а також між окремими суб'єктами суспільних відносин. Ці суперечності зумовлюють появу несприятливих подій – ризиків. Потенційна можливість настання стихійного лиха, нещасних та інших непередбачуваних випадків, які призводять до збитків або упущення вигоди, становить сутність ризику.

Поняття ризику пов'язується з усвідомленням небезпеки, загрози, ненадійності, невизначеності, непевності, випадковості, збитку. В економічній літературі відомі численні спроби сформулювати теоретичні визначення поняття ризику. Найбільш послідовним серед них є твердження, згідно з яким ризик у своїй першооснові є невизначеністю.

1.2 Визначення ризику

Стан невизначеності можливий у кожній суспільно-економічній ситуації. Невизначеність породжується непередбачуваністю кінцевого результату, який може або збігатися з очікуваним, або бути ліпшим чи гіршим за нього. В умовах невизначеності кінцевий результат можна передбачити лише наближено, узявши одне з потенційно можливих значень. Поняття ризику, на противагу поняттю невизначеності, має практичне застосування, а тому його зміст потребує об'єктивного визначення. Отже, потрібний перехід від суб'єктивно сприйманої непевності, випадковості до об'єктивного поняття ризику, що на ній базується. Єдиний спосіб такого переходу – оцінити непевність (випадковість) кількісними методами, надавши їй реальних числових значень. Звідси випливає: ризиком буде визнано лише таку невизначеність, яку можна оцінити кількісно.

Дати найточнішу кількісну оцінку невизначених величин можна, обчисливши ймовірність їх появи. Ця ймовірність має ту характерну особливість, що вона одночасно враховує наступні випадковості:

- 1) частоту настання події щодо місця та часу;
- 2) розмір збитку, тобто абсолютну величину від'ємного відхилення фактичного результату від очікуваного.

Отже, показник ризику за своїм змістом - це не лише ймовірність появи випадкової події, а й імовірність настання негативного результату.

Залежно від наявних можливостей розрахункової бази, а також характеру випадкових явищ визначаються ймовірності кількох типів:

- а) ймовірність математична (апріорна);
- б) ймовірність статистична (апостеріорна);
- в) ймовірність експертна (естиматична).

Математична ймовірність обчислюється як відношення кількості ситуацій, за яких деяка випадкова подія настала, до кількості ситуацій, за яких вона може статися, за умови, що всі розглядувані ситуації однаково можливі та взаємонезалежні. Застосування цього типу розрахунку ймовірності обмежене, оскільки ситуації, описувані зазначеною математичною моделлю, рідко трапляються на практиці.

Статистична ймовірність - це відносна частота появи випадкової події певного виду в сукупності всіх можливих випадкових подій. Обчислення такої ймовірності ґрунтується на законі великих чисел і завдяки практичній доступності та достатній об'єктивності обчислених значень ймовірності застосовується найчастіше, передусім у економічній сфері.

Визначення експертної ймовірності має здебільшого вимушений характер з огляду на брак необхідної математично-статистичної інформації про випадкові події. Експертне оцінювання ґрунтується на об'єктивних фактах, знаннях і суб'єктивних відчуттях експертів щодо реальної ситуації. Незважаючи на деяку обмеженість результативних можливостей методу експертного оцінювання, він доволі широко застосовується в економіці.

Отже, визначити ризик та його ступінь у ситуації непевності можна лише одним із методів обчислення ймовірності появи негативних наслідків непевних подій. Якщо такий метод застосувати не вдається, то результат лишається непевним.

Негативними наслідками невизначеної події можуть бути не лише прямі втрати (збитки), а й непрямі, скажімо, недоотримана (втрачена) очікувана користь, якої планувалося досягти у процесі господарської діяльності. Звідси випливає такий висновок: ризик - це ймовірність зазнати втрат очікуваної економічної (фінансової) користі або прямих збитків через появу непевної (випадкової) події, що стосується майнового інтересу членів суспільства.

Теоретичну та методологічну базу досліджень ризику, обчислень ймовірності настання втрат та збитків становить теорія ризику. Як наука ця теорія має два напрямки: перший становить спеціальну частину прикладної математики - стохастичну, завданням якої є обчислення ймовірностей, а другий - спеціальну економічну дисципліну, що вивчає економічний зміст втрат і збитків, які виникають з певною ймовірністю, та методику їх уникнення.

1.3 Класифікація ризиків

У всіх сферах суспільно-економічного життя існує безліч ризиків, які потрібно класифікувати за видами, щоб далі можна було піддавати їх системному аналізу, приймаючи раціональні управлінські рішення. Залежно від завдань класифікації ризику класифікують за різними якісними та кількісними критеріями. Найбільшого прикладного значення набула класифікація за критеріями, які характеризують найважливіші складові поняття ризику: випадкову подію як причину виникнення ризику, ризикогенний об'єкт як його носій, ймовірність настання випадкової події щодо місця, часу та наслідків. Іноді беруть до уваги й інші критерії класифікації, які дають змогу повніше охарактеризувати прояви ризиків у різних сферах суспільного життя.

За своїм походженням ризику поділяються насамперед на природні та

антропогенні. Причини природних ризиків - випадкові події та стихійні явища - зовсім не залежать від діяльності людини, тоді як антропогенні ризики виникають лише внаслідок різноманітної господарської та науково-технічної діяльності людей. З постійним розширенням сфери діяльності людини вплив її на появу ризиків стає дедалі відчутнішим. Антропогенні ризики давно є предметом спеціальних наукових досліджень, оскільки їм, на відміну від природних ризиків, які мають статичний характер, притаманна надзвичайна динамічність.

Ризики, які ототожнюють з ризикогенними об'єктами, можуть класифікуватися згідно з критерієм сутності їх безпосередніх носіїв. З огляду на це ризики поділяються на майнові та особисті. Незалежно від випадкової події майнові ризики стосуються майнових об'єктів та майнових інтересів відповідних власників, а особисті - конкретних осіб. Особа як об'єкт ризику є незрівнянно складнішою за майновий об'єкт. Адже вона є одночасно фізичним, фізіологічним та соціальним тілом і здатна генерувати відповідно ширшу гаму ризиків. Залежно від того, якій із зазначених субстанцій завдала шкоди випадкова подія, особисті ризики можуть виявлятися як ризики фізичного, фізіологічного та соціального походження.

Оскільки ризики сприймаються здебільшого за кількісними параметрами, то дуже важливим є їх поділ на класи за критерієм розміру. За цим критерієм розрізняють катастрофічні, великі, середні, малі та незначні ризики. Ризик відносять до однієї із цих категорій залежно від імовірності настання більших чи менших матеріальних втрат, які можуть виникнути в кожному конкретному випадку. Очевидно, що втрати в разі катастрофічних ризиків найбільші, а в разі незначних - найменші. Проте частота появи катастрофічних ризиків набагато менша, ніж малих чи незначних. З огляду на це сукупність ризиків можна подати у вигляді піраміди, основу якої становлять незначні ризики, а вершину – катастрофічні (рис. 1.1).

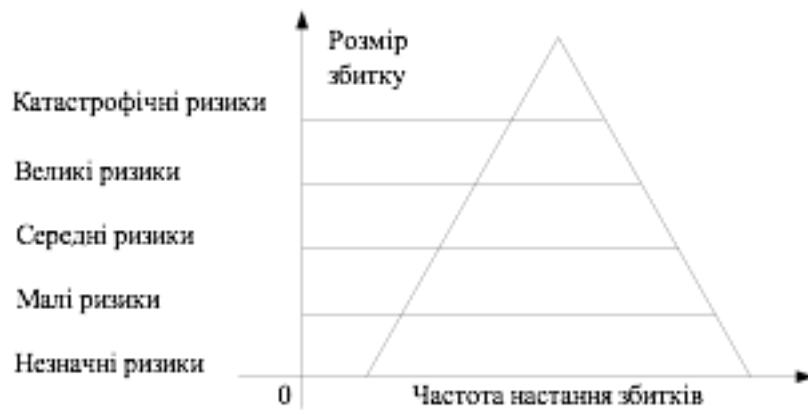


Рис. 1.1 Поділ ризиків на класи за критерієм розміру

Поділ ризиків за критерієм їх розміру має важливе практичне значення, оскільки допомагає розробляти й застосовувати єдину методологію обслуговування ризиків різних категорій, а передусім - катастрофічних і великих.

Наслідками випадкових подій, передусім антропогенного походження, можуть бути не лише негативні, а й позитивні результати. Тобто в цих випадках альтернативою ризику стає його протилежність - шанс.

Імовірність настання при цьому негативних результатів також набуває ознак ризику, але особливого, спекулятивного характеру. Отже, враховуючи можливі наслідки випадкових подій, ризики можна поділити на чисті та спекулятивні - згідно з критерієм можливих наслідків (рис. 1.2). Коли ризики чисті, наслідок випадкової події завжди альтернативний: збитки або їх відсутність.



Рис. 1.2 Класифікація ризиків за критерієм можливих наслідків

Поділ ризиків на чисті та спекулятивні має важливе практичне значення, оскільки страхове обслуговування стосується лише чистих ризиків. Спекулятивні ризики, як правило, виникають під час азартних ігор, лотерей, які не потребують страхового захисту бо передбачають можливість не лише втрат, а й прибутків.

Розглянута вище класифікація ризиків, має безпосереднє значення для процесу управління ризиком.

1.4 Управління ризиком

Суспільно-господарська практика виробила чимало методів і форм ефективної протидії ризикам та ліквідації їх негативних наслідків. Водночас відчувалася потреба системного підходу до вибору форм протидії ризикам. Логічну послідовність здійснення ефективних антиризикованих заходів було запропоновано багатьма спеціалістами ще на початку XX століття. Визначені ними форми обмеження та ліквідації ризиків зводилися до таких дій:

1. Запобігання появі випадкових подій, які формують ризиковані ситуації в суспільному житті.
2. Подолання (репресія) випадкових подій, появі яких усе ж не вдалося запобігти.
3. Задоволення потреб, які виникли внаслідок дії ризику (компенсація втрат, збитків).

Наведений троїстий поділ антиризикованої діяльності було повсюдно визнано фахівцями як такий, що має ознаки системності та комплексності. Згодом зазначені методи боротьби з ризиками були трансформовані у специфічні функції страхування.

Розвиток економічної науки, а також страхової справи засвідчив, що антиризикована діяльність має ґрунтуватися на залученні вельми широкого кола управлінських інструментів, склад та послідовність застосування яких

постійно вдосконалюються.

Найповніша сукупність послідовних заходів антиризикованої діяльності, застосування яких має комплексний, системний характер, у сучасній економічній теорії та практиці визначається терміном "ризик-менеджмент" (risk management), тобто управління ризиками в його найширшому розумінні. Ризик-менеджмент як система охоплює три послідовні етапи:

- 1) аналіз ризику;
- 2) контроль над ризиком;
- 3) фінансування ризику.

Кожний із цих етапів передбачає здійснення багатьох різноманітних заходів організаційно-фінансового характеру.

1.5 Аналіз ризику

Аналіз ризику є комплексним етапом, протягом якого передбачається:

- діагностика, або ідентифікація, ризиків - кваліфікація;
- оцінювання ризиків кількісними методами - квантифікація;
- визначення послідовності подальших дій на підставі загальної оцінки ризику в даній конкретній ситуації.

Початковим кроком на етапі аналізу ризику є вивчення ситуації з погляду можливості та причин його появи в суб'єкта господарювання - носія ризику. На появу ризиків впливають різні причини, які умовно можна поділити на зовнішні та внутрішні. Зовнішні причини, як правило, виводяться з умов довкілля, розташування господарського суб'єкта на певній території, стану попереджувальної інфраструктури. Суб'єкт не має значного впливу на зовнішні причини. Внутрішні причини - це стан та вид належного суб'єктові майна, характер технології виробництва чи іншої діяльності, а також стан засобів безпеки (попередження ризиків), що їх він має у своєму розпорядженні. Досить важливою внутрішньою причиною є ступінь усвідомлення суб'єктом господарювання чи іншим носієм потенційного

ризик у остаточних можливих наслідків появи ризику.

Засобами якісного аналізу мають бути виявлені негативні наслідки ризику в усіх сферах діяльності господарського суб'єкта. Так, ризик пожежі може виявити свої наслідки у сфері технологічного процесу, виробничо-господарської діяльності, фінансово-економічній та в соціальній.

Комплексна діагностика ризиків дає змогу простежити не лише їх розвиток та сфери поширення, а й негативні наслідки кумуляції таких ризиків, тобто взаємного їх впливу і нагромадження. З метою виконання цього значного за обсягом завдання слід залучати найрізноманітніші джерела інформації та використовувати найдосконаліші методи кваліфікаційного аналізу ризиків. Найважливіші з цих методів такі:

- аналіз спостережень за виробничою діяльністю;
- аналіз свідчень працівників;
- документальний аналіз господарської діяльності;
- аналіз організації об'єкта дослідження;
- аналіз окремих контрольних перевірок.

Слідом за ідентифікацією ризику та визначенням сфери його поширення постає потреба кількісно оцінити ризик. Квантифікуючи ризик, потрібно брати до уваги два взаємозв'язані аспекти:

- максимальний розмір збитку, до якого може призвести даний ризик;
- імовірність настання події, яка може спричинити максимальний збиток.

Кількісно оцінюють ризики за допомогою актуарних розрахунків, виконання яких потребує достатньої статистичної та математичної бази. Кількісна оцінка ризиків відбиває ступінь їх економічної загрози.

Підсумки аналізу якісних і кількісних характеристик ризиків є підставою для визначення стратегії антиризикованої діяльності в майбутньому, тобто подальших дій, які зводяться до встановлення контролю над ризиками або фінансування потреб, що виникли внаслідок прояву ризиків.

1. Контроль та фінансування ризику

Черговий етап процесу менеджменту - контроль над ризиками, який має на меті повне або часткове їх усунення.

Контроль над ризиками здійснюється різними способами:

- уникненням ризику;
- зменшенням (мінімізацією) ризику;
- обмеженням (локалізацією) ризику;
- розсіюванням (поділом) ризику.

Уникнення ризику є найефективнішим і водночас найважчим для виконання методом. Уникнення означає фактичне ухилення від ризикованої діяльності (способу буття). Безумовно, про уникнення може йтися лише за наявності альтернативних рішень, які є менш ризикованими.

У тій ситуації, коли можливості раціонального уникнення ризику вичерпуються, постає потреба використовувати інші способи антиризикованого характеру. Один із таких способів полягає в попереджувальній (превентивній) діяльності, спрямованій на зменшення ризику. Здійснення ефективної попереджувальної діяльності потребує значних фінансових витрат на придбання різноманітних технічних засобів та проведення організаційно-технічних заходів, які могли б протистояти виникненню ризиків.

У тій ситуації, коли попри всі попереджувальні зусилля ризик настане, вживають заходів, спрямованих на його обмеження (локалізацію). Ці заходи мають здебільшого репресивний характер.

З метою обмеження наслідків ризику його можна поділити. Поділ ризику як форма контролю полягає в тому, що господарські суб'єкти можуть обмінятися пакетами акцій, віддавши, таким чином, частину власного ризику і взявши частину чужого. Такі операції відомі як операції з диверсифікації портфеля активів господарського суб'єкта.

Усі наведені способи контролю над ризиками застосовуються одночасно. Але висувається вимога додержувати оптимального співвідношення між цими способами з погляду їх ефективності.

Головним етапом ризик-менеджменту є покриття негативних наслідків (збитків) ризиків фінансовими засобами. Кожний суб'єкт господарювання може сам фінансувати свої ризики або передавати їх іншому суб'єктові господарювання згідно з попередньою взаємною домовленістю. Самофінансування ризиків, відоме також як самострахування, є формою безпосереднього самостійного покриття збитків власними коштами.

За наявності коштів у фондах та резервах вони можуть бути використані аж до повного задоволення відповідної потреби. Істотним недоліком самофінансування ризиків є неможливість точного визначення потреби в резервних коштах через недостатню статистичну та розрахункову базу. А створення фонду в обсязі, меншому за майбутню реальну потребу, призведе до неповного фінансування ризику. Проте формування фондів та резервів у обсягах, більших за майбутні потреби в коштах, неминуче призведе до вилучення з господарського обігу значних фінансових ресурсів.

У тих випадках, коли збитки очікуються більшими за можливості господарського суб'єкта самому фінансувати свої ризики, постає потреба передати власну фінансову відповідальність за ними іншим суб'єктам, здатним до фінансування таких ризиків на певних умовах. Передання (трансфер) ризиків може здійснюватися у двох основних формах:

ризики передаються під фінансову гарантію іншого суб'єкта;

ризики передаються професійним страховикам на підставі договору страхування за відповідну плату.

Перша форма досить широко реалізується укладенням договорів поруки, згідно з якими на певних умовах ризик передається одним суб'єктом іншому. Ця форма має обмежене застосування, оскільки вимагає надзвичайно високої довіри між суб'єктами. Крім того, вона містить елементи гри.

Найпоширенішою формою трансферу ризиків є передання їх професійним страховикам. Страховик, на відміну від поручителя, беручи на себе зобов'язання за ризиками, має змогу вирівняти їх перерозподілом між багатьма суб'єктами. Вирівнювання ризиків за допомогою страхового

механізму має ту перевагу, що воно здійснюється не лише в часі, а й у просторі, тобто серед суб'єктів певного середовища. Проте вирівнювання можна застосувати лише щодо певної категорії ризиків. Це, як правило, чисті ризики, котрі відповідають певним критеріям. Відповідні критерії буде розглянуто в пункті 1.3.3.

Отже, згідно із завданнями ризик-менеджменту відповідну діяльність можна тлумачити як процес вибору оптимальної з економічного погляду структури інструментів впливу на ризики та їх наслідки.

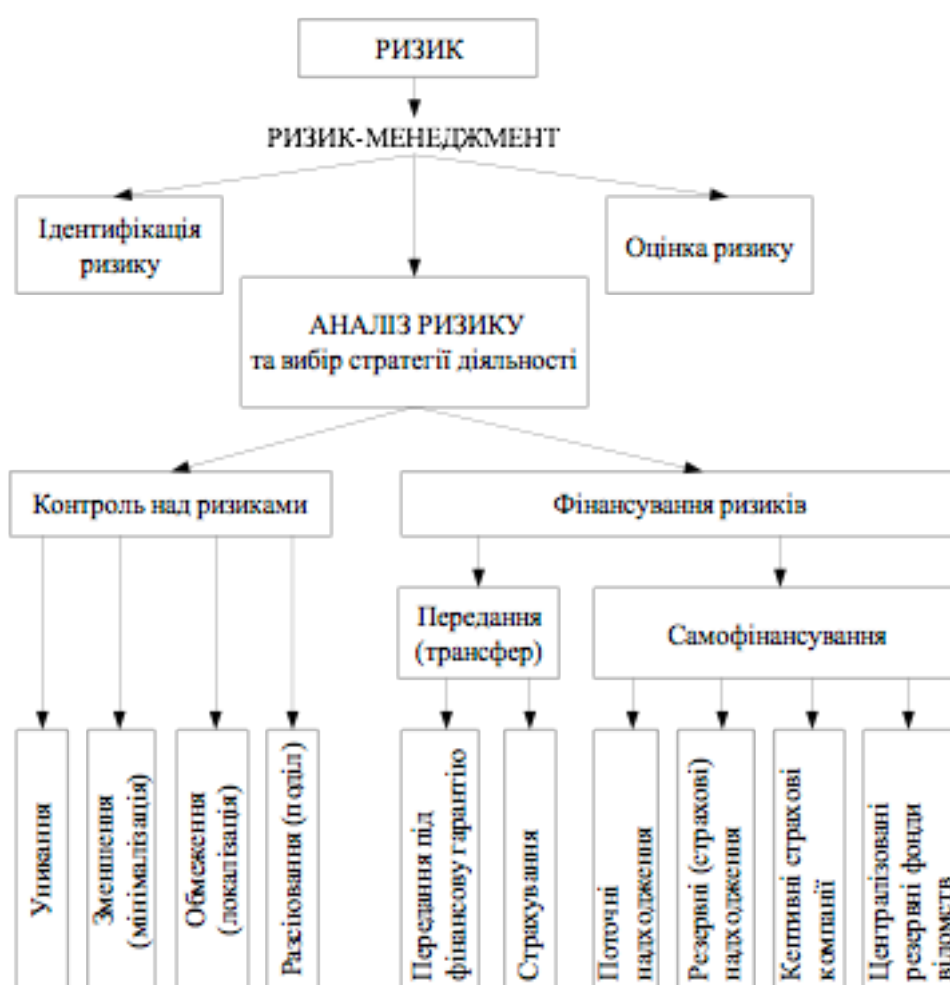


Рис. 1.3 Схема ризик-менеджменту

1.6 Сутність страхування

Термін "страхування", на думку західних філологів, має латинське походження. В основі його - слова "securus", яке означає "безтурботний".

Отже, страхування відбиває ідею застереження, захисту та безпеки. У багатьох слов'янських мовах, у тому числі й в українській, виникнення терміна "страхування" пов'язують зі словом «страх».

У сучасних економічних умовах, з огляду на трансформаційні процеси відбувається переосмислення в системі захисту юридичних та фізичних осіб від матеріальних витрат, до яких можуть призвести непередбачувані страхові випадки (стихійні лиха, нещасні випадки, фінансові ризики при отриманні кредитів тощо). Таким чином, через систему страхування держава забезпечує захист населення в результаті настання страхових випадків, а також забезпечує ефективний захист підприємницької діяльності. Страхування та ринок страхових послуг є принципово важливими для соціально-економічного та інвестиційного розвитку, як національного ринку, так і на міжнародному рівні.

1.7 Основні поняття і типи договорів страхування.

На сьогоднішній день діяльність на страховому ринку визначається Законом України „Про страхування” від 07.03.96 р. зі змінами та доповненнями та іншими нормативно-правовими документами. Цей Закон регулює відносини у сфері страхування та спрямований на створення ринку страхових послуг, посилення страхового захисту майнових інтересів підприємств, установ, організацій та громадян.

Згідно даного Закону страхування — це вид цивільно-правових відносин щодо захисту майнових інтересів громадян та юридичних осіб у разі настання певних подій (страхових випадків), визначених договором страхування або чинним законодавством, за рахунок грошових фондів, що формуються шляхом сплати громадянами та юридичними особами страхових платежів (страхових внесків, страхових премій) та доходів від розміщення коштів цих фондів.

Страховиками визнаються фінансові установи, які створені у формі акціонерних, повних, командитних товариств або товариств з додатковою відповідальністю згідно з Законом України "Про господарські товариства" з урахуванням особливостей, передбачених цим Законом, а також одержали у встановленому порядку ліцензію на здійснення страхової діяльності.

Страхувальниками визнаються юридичні особи та дієздатні громадяни, які уклали із страховиками договори страхування або є страхувальниками відповідно до законодавства України.

Страховий випадок — подія, передбачена договором страхування або законодавством, яка відбулася, і з настанням якої виникає обов'язок страховика здійснити виплату страхової суми (страхового відшкодування) страхувальнику, застрахованій або іншій третій особі.

Договір страхування — це письмова угода між страхувальником і страховиком, згідно з якою страховик бере на себе зобов'язання у разі настання страхового випадку здійснити страхову виплату страхувальнику або іншій особі, визначеній у договорі страхування страхувальником, на чию користь його укладено (подати допомогу, виконати послугу тощо), а страхувальник зобов'язується сплачувати страхові платежі у визначені строки та виконувати інші умови договору. Він укладається для того, щоб виключити фінансові втрати, пов'язані з невизначеністю настання тих чи інших страхових подій, а показником ступеня невизначеності може бути ймовірність їх настання.

Страховий платіж (страховий внесок, страхова премія) — плата за страхування, яку страхувальник зобов'язаний внести страховику згідно з договором страхування.

Загальною страховою премією страховика називатимемо суму, зібрану за рахунок укладення договорів страхування, а ціну договору страхування надалі називатимемо страховою премією. Один з основних принципів, який враховується при укладанні договору страхування, — це принцип еквівалентності фінансових зобов'язань сторін (страховика та

страхувальника), який математично виражається рівністю математичних сподівань двох величин: суми всіх страхових внесків і суми всіх страхових відшкодувань. Саме з цієї умови визначається розмір ризикової премії. З врахуванням ризикової надбавки (надбавка за безпеку), яка утворюється для виплат відшкодування, що несуттєво перевищує середнє значення відшкодування, отримується нетто-премія, в основі побудови якої за будь-яким договором страхування лежить ймовірність настання страхового випадку.

Власне нетто-премія виражає ціну страхового ризику, а навантаження покриває видатки страховика по організації страхування, на проведення заходів, які знижують ризик, містить елементи прибутку, а разом вони визначають величину страхового внеску (брутто-премію). З огляду на теорію страхова премія може бути подана як функція від величини запиту. Відзначимо деякі обов'язкові властивості страхової премії:

ціна договору повинна бути додатною;

якщо відомо, що ризик детермінований (страхова подія настане з ймовірністю 1 і збиток становитиме суму C), то страхова премія повинна в точності дорівнювати C ;

ціна одночасного страхування декількох ризиків повинна бути меншою або дорівнювати сумі цін ризиків, що розглядаються окремо.

Отже, згідно договору страхування страхувальник платить страхову премію. Якщо страховий випадок не наступив, то він заплатив за свій спокій. В цьому і полягає ризик страхувальника.

Ризик страховика полягає в тому, що він, в разі настання страхової події після сплати страхової премії, зобов'язаний заплатити обумовлену договором страхування суму, яка значно перевищує її розмір.

Під страховою сумою розумітимемо розмір максимальної відповідальності страховика за одним договором страхування. Розмір страхової суми фігурує в договорі страхування. Зазначимо, що деякі договори

страхування передбачають повну компенсацію втрат (страхова сума виплачується повністю). Типовим представником такого класу договорів є договір страхування життя. В інших випадках страхова компанія виплачує компенсацію, що відповідає реально заподіяним збиткам, і розмір виплачуваної компенсації, як правило, менший від страхової суми. Така ситуація типова для майнового, автомобільного та ін. видів страхування. Зазначимо також, що в деяких випадках оцінка максимальних збитків неможлива (страхування відповідальності за збитки, заподіяні третіми особами). Формально в таких випадках можна вважати, що страхова сума дорівнює нескінченності. Відповідальність страховика обмежена не тільки зверху страховою сумою. Можливе і обмеження знизу, якщо згідно з договором страхувальник бере участь у відшкодуванні збитку. Тоді в договорі обумовлюється обмеження відповідальності страховика при відповідному зменшенні внесків страхувальника — це франшиза, яка може бути умовною або безумовною. При однаковій величині франшизи L відповідальність страховика більша для умовної франшизи, ніж для безумовної. Цим визначається різниця в страхових внесках. Якщо безумовна франшиза складає L , то за кожним запитом про виплату віднімається ця сума. Тобто можна нехтувати збитками, меншими за франшизу. Якщо ж розмір збитку $X > L$, то страховик відшкодовує тільки частину його: $X - L - Y$, тобто виплата $V = \max\{0, X - L - Y\}$. Природно, що ця обставина відіб'ється і на ціні договору.

Якщо договір страхування передбачає умовну франшизу, то страховик повністю звільняється від відшкодування збитків, які менші за вказану суму.

але відшкодовує весь збиток, який більший за неї, тобто $V = \max\{0, X - L - Y\}$

При умовній франшизі відповідальність страховика вища, ніж при безумовній. В обох випадках необхідно знати закон розподілу збитку.

Умовна франшиза є комбінацією звичайного договору страхування та безумовної франшизи. Нехай X — збиток, $(X - L)$ — запит про виплату (на практиці інколи може покривати, наприклад, витрати на визначення величини збитку). Отже, виплати страховика: $V = 0$ при $X < L$ і $V = X - L$ при $X > L$

> L.

Таким чином, при франшизі страхувальник добровільно погоджується на певну компенсацію збитку в обмін на зниження страхового внеску.

1.8 Ризики, що підлягають страхуванню

Отже, маємо ризики, які підлягають страхуванню та ризики, які страхуванню не підлягають. До останніх відносяться ризики, страхування яких уникає більшість страхових компаній через те, що імовірність пов'язаних з ним збитків майже непередбачувана. Можна купити страхування від стихійного лиха, такого як повінь або землетрус. Але страхові компанії завжди неохоче розглядають можливість співробітництва в тих випадках, коли ризик пов'язаний з акціями уряду або загальною економічною ситуацією. Такі невизначені фактори, як зміни законодавства й економічні коливання, виходять за рамки страхування.

Іноді, коли набирається досить даних для точної оцінки майбутніх збитків, ризики, які раніше не підлягали страхуванню, починають страхувати. Так, споконвічно страхові компанії неохоче страхували авіапасажирів, але десятиліття потому цей ризик став передбачуваним.

До ризиків, що не підлягають страхуванню, відносяться:

1. Ринкові ризики – фактори, що можуть привести до втрати власності або доходу, такі як: сезонні або циклічні зміни цін; байдужність споживачів; зміни моди; конкурент, що пропонує більш високоякісний товар.

2. Політичні ризики – небезпека виникнення таких подій, як зміна уряду; війна; обмеження вільної торгівлі; необґрунтовані або надмірні податки; обмеження вільного обміну валюти.

3. Виробничі ризики – небезпека таких факторів, як неекономічна робота устаткування; недостача сировинних ресурсів; необхідність вирішувати технічні проблеми; страйку, прогули, трудові конфлікти.

4. Особисті ризики – небезпека таких факторів, як безробіття; бідність унаслідок розводу, відсутності можливості одержати роботу або втрати здоров'я на військовій службі.

Ризик, що підлягає страхуванню – це ризик, рівень припустимих збитків для якого легко визначити, і тому страхова компанія готова їх відшкодувати.

До таких ризиків відносяться:

1. Майнові ризики – небезпека виникнення збитків від нещастя, що приводять до прямої втрати власності, непрямой втрати власності.

2. Особисті ризики – небезпека виникнення втрат у результаті передчасної смерті, непрацездатності, старості.

3. Ризики, пов'язані з юридичною відповідальністю – небезпека виникнення втрат через користування автомобілем, перебування в будинку, роду занять, виробництва товарів, професійних помилок.

Ризик, що готовий узяти на себе страхова компанія, звичайно відповідає наступним вимогам:

1. Небезпека не може бути результатом навмисних дій. Це значить, що страхові компанії не платять за збиток, навмисно заподіяний самою застрахованою фірмою або фізичною особою, за її вказівкою або з неї ведена. Наприклад, у страховий поліс від пожежі не включаються збитки, заподіяні підпалом застрахованої фірми. Однак такий поліс передбачає покриття збитків, якщо підпал робить службовець фірми.

2. Збитки повинні підлягати підрахункові, і витрати на страхування повинні бути економічно оправдані. Щоб дістати прибуток, страховим компаніям необхідно мати зведення про частоту і серйозність збитків, заподіюваних даним нещастям. Якщо ця інформація охоплює тривалий період часу і заснована на великій кількості випадків, страхові компанії звичайно можуть досить точно визначити, які збитки виникнуть у майбутньому.

3. Один вид ризику повинен охоплювати значну кількість подібних випадків. Чим більше випадків попадає в дану категорію, тим більше імовірно, що майбутнє підтвердить прогнози страхової компанії. Тому страхові компанії

більш охоче беруть на себе ризики, з якими зіштовхуються багато фірм і приватних осіб. Наприклад, пожежа - це загальна небезпека, що загрожує практично всім будинкам, тому звичайно страхування збитків від пожежі не викликає труднощів.

4. Ризик не повинний одночасно торкатися всіх застрахованих.

Якщо страхова компанія не охоплює великі географічні зони або широкі шари населення, то всього лише одна катастрофа може привести до того, що їй прийдеться заплатити відразу по усіх своїх полісах.

5. Потенційні фінансові втрати повинні бути відчутними для страхувальника. Страхова компанія не може дозволити собі займатися канцелярською роботою, зв'язаної з задоволенням безлічі дрібних страхових вимог (заяв застрахованих осіб про відшкодування збитку). Тому багато полісів містять статтю, яка передбачає, що страхова компанія виплатить тільки ту частину збитку, що перевищує суму, названу в полісі. Цей так званий залишок, який не страхується, являє собою деяку частину від загальної суми збитку, що згодний оплатити сам застрахований.

1.9 Особливості та завдання актуарних розрахунків:

Актуарні розрахунки — це процес, у ході якого визначаються витрати, необхідні на страхування даного об'єкта.

Основним завданням актуарних розрахунків є визначення собівартості та вартості послуги, що надається страховиком страхувальнику і яка включає в себе:

обрахунок витрат, необхідних для страхування даного об'єкта;

врахування імовірнісних характеристик події, що оцінюється;

виявлення загальних закономірностей явищ, що проявляються через масу обумовлених випадкових подій, наявність яких призводить до значних коливань страхових платежів;

визначення оптимальних розмірів спеціальних резервів, що знаходяться в

розпорядженні страховика і забезпечує з певною ймовірністю всі запити, що надходять;
прогнозування.

У більш узагальненій формі актуарні розрахунки можна подати як систему математичних і статистичних закономірностей, що регламентують взаємини між страховиком і страхувальником. В актуарних розрахунках варто передбачити деякі особливості, пов'язані з практикою страхової справи. Найбільш важливими з них є:

- події, які оцінюються, мають імовірнісний характер, що відбивається на розмірі, пред'явлених до сплати страхових премій;
- визначення собівартості послуги, що надається страховиком, проводиться у відношенні до всієї страхової сукупності;
- необхідне виділення спеціальних резервів, що знаходяться в розпорядженні страховика, визначення оптимальних розмірів цих резервів;
- експертна оцінка договорів страхування;
- дослідження норми позичкового відсотка і тенденцій його зміни в конкретному часовому інтервалі;
- наявність повного чи часткового збитку, пов'язаного зі страховим випадком, що визначає потребу виміру величини його розподілу в часі та просторі за допомогою спеціальних таблиць;
- дотримання принципу еквівалентності, тобто встановлення адекватної рівноваги між інтересами страхувальника, вираженими через страхову суму, і страховим забезпеченням, наданим страховою компанією, завдяки отриманим страховим преміям;
- виділення групи ризику в межах даної страхової сукупності.

Осіб, які проводять актуарні розрахунки, називають ще актуаріями. Зокрема, якщо укладання договору цілком лежить на плечах фахівця з правових питань, то актуарій займається лише визначенням його ціни.

Актуарій повинен вирішити для даної страхової компанії наступні завдання:

визначити величину ризикової премії, яка забезпечує еквівалентність зобов'язань і ризику у страховика і страхувальника;

визначити величину ризикової надбавки;

визначити величину страхового запасу (капіталу), який забезпечить виживання (не розорення) компанії з певною надійністю;

проаналізувати можливість підвищення стійкості компанії з допомогою перестраховування і розрахувати плату за перестраховування;

оцінити положення компанії на страховому ринку і залежно від ситуації сформулювати підтверджені розрахунками рекомендації, які закріплюють позиції компанії.

Основний інструмент актуарних розрахунків — це теорія ймовірностей, оскільки застраховані ризики є випадковими величинами. Тому при здійсненні страхових операцій взагалі, а при актуарних розрахунках зокрема, доводиться збирати, обробляти і оцінювати випадкові величини. Потім на основі отриманих результатів розраховується ціна страхових продуктів і розмірів страхових платежів. Проте використання тільки теорії ймовірностей не в змозі надати необхідні цифрові дані для практичного використання страхових операцій. Вони, в свою чергу, можуть бути отримані на основі спостережень.

1.10 Колективний баланс

Страховання ґрунтується на так званому колективному балансі. Мається на увазі, що об'єднання (колектив, портфель) декількох ризиків (полісів), що не є повністю додатньо корельованими, має більш вигідний розподіл збитку й розмір премії (розраховуючи на один поліс), чим кожний окремий ризик, оскільки в колективі сприятливі й несприятливі процеси збитків окремих ризиків можуть взаємно компенсуватися. Для пояснення розглянемо ідеальну ситуацію

портфеля з незалежних однаково розподілених ризиків $R_i, 1 \leq i \leq I$.

Вигідніше, звичайно, було б мати від'ємно корельовані ризики, але в реальності

цього практично не відбувається. I представляє собою випадкову величину

сукупного збитку по ризику i за певний часовий проміжок, наприклад за один рік.

Під ризиком треба розуміти найменшу одиницю, яка окремо може бути предметом договору страхування; в полісі часто буває зазначено кілька ризиків.

Квадрат коефіцієнта варіації V сукупного збитку $S = R_1 + \dots + R_I$ дорівнює

$$(Vko(S))^2 = \frac{Var(S)}{(E(S))^2} = \frac{I \cdot Var(R_1)}{(I \cdot E(R_1))^2} = \frac{(Vko(R_1))^2}{I}$$

та з ростом об'єму портфеля зменшується. Таким чином, стандартне

відхилення $Sta(S) = \sqrt{V}$ зростає повільніше, ніж математичне сподівання

Зміст цього результату пояснює нерівність Чебишева:

$$P(|S - E(S)| > \varepsilon \cdot E(S)) \leq \frac{Var(S)}{\varepsilon^2 \cdot (E(S))^2} = \frac{(Vko(R_1))^2}{\varepsilon^2 \cdot I},$$

яке справедливе для кожного $\varepsilon > 0$. Це означає, що ймовірність

перевищення сукупним збитком свого математичного сподівання більш ніж на

100 % зменшується з ростом об'єму портфеля.

Колективний баланс підтверджується також законом великих чисел. В «слабкому» формулюванні закон каже, що середні арифметичні

$S/I = (R_1 + \dots + R_I)/I$ збігаються за ймовірністю до математичного

сподівання $E(R_1)$. Тоді для будь-якого

$$P(|S/I - E(R_1)| > \varepsilon \cdot E(R_1)) \rightarrow 0 \text{ при } I \rightarrow \infty,$$

що еквівалентно попередньому твердженню

$$P(|S - E(S)| > \varepsilon \cdot E(S)) \rightarrow 0 \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0,$$

і тому також свідчить про зменшення відносного відхилення з ростом об'єму портфеля. В «сильному» формулюванні

$$P(\lim_{I \rightarrow \infty} S/I = E(R_1)) = 1$$

закон великих чисел означає наступне. По-перше, — справедлива ціна за прийняття випадкових витрат по ризику . Дійсно, якщо інтерпретувати R_1 як послідовність незалежних результатів вимірів збитку у різні страхові періоди, то, згідно «сильному» закону великих чисел, середнє відшкодування за один період з імовірністю 1 сходиться до . По-друге, для оцінки невідомого математичного сподівання потрібно зібрати як можна більшу групу незалежних, розподілених так само, як ризиків. Тоді оцінкою буде слугувати арифметичне середнє . Найбільш точна апроксимація досягається при об'єднанні даних декількох компаній.

За винятково важливу роль для колективного балансу та розрахунку премій закон великих чисел часто називають фундаментальним законом страхування.

Дотепер розглядався випадок ідеального портфеля незалежних і однакових за розміром (або однаково розподілених) ризиків. Якби всі ризики портфеля додатньо корелювали один з одним, то б ефекту балансу не спостерігалось. У реальності ризики, будучи незалежними (за винятком ризиків у страхуванні стихійних лих і кредитів), як правило, все-таки не розподілені однаково, а, навпаки, сильно різняться (наприклад, мають різні страхові суми). Через це ефект балансу проявляється не так чітко, як в ідеальному випадку повністю незалежних і однаково розподілених ризиків. У страхуванні стихійних

лих, де сусідні ризики сильно корелюють, часто має сенс розглядати всі ризики, що піддаються одній страховій події (наприклад, урагану), як єдиний ризик (так званий кумулятивний ризик). Ефект балансу в цьому випадку проявляється тільки на світовому рівні (наприклад, у портфелі перестраховальника).

У той час як страхувальник завдяки страхуванню несе строго планові збитки, страхової компанії, принаймні, для відносно точного планування потрібно як можна більше число незалежних і схожих за розміром ризиків. Витрати страхової компанії по збитках не планомірні, а випадкові. Преміальний фонд у розмірі очікуваної суми збитків (відповідно до центрального граничного закону) дає всього лише 50% гарантії. Для збільшення гарантійної ймовірності хоча б до 90% страхової компанії необхідний додатковий гарантійний або власний капітал. Менші по об'єму або менш збалансовані портфелі для досягнення тієї ж гарантійної ймовірності мають потребу в більшому гарантійному капіталі (відносному або абсолютному). Задача страхової компанії — не тільки продати правильно тарифіковані поліси, але й досягти як мого більшої збалансованості портфеля та забезпечити себе як мого більшим гарантійним капіталом.

Поряд з колективним балансом існує часовий баланс. Мається на увазі, що об'єднання декількох страхових періодів (років) в один період дає такий же ефект, як і об'єднання декількох ризиків в один портфель. У реальності використанню тимчасового балансу перешкоджає обов'язок страхових компаній щорічно звітувати перед органами страхового нагляду. Можливість досягнення компанією збалансованості — скажемо, у десятилітньому періоді — не виправдає незбалансованості річного результату. Щоб мати користь з тимчасового балансу, у Німеччині та деяких інших країнах пропонується формування флуктуаційного резерву. Цей резерв ведеться окремо для кожного виду страхування (вогонь, автоцивільна відповідальність, і т.д.) і поповнюється, коли річний результат перевищує середній рівень, причому відрахування в резерв не обкладаються податком. При поганому річному результаті здійснюється вилучення засобів із цього резерву.

На практиці страхові портфелі завжди обмежені по об'єму й залишаються залежними від випадковості, незважаючи на колективний баланс і закон великих

чисел. Більше того, абсолютний розкид сукупного збитку навколо свого математичного очікування збільшується з ростом об'єму портфеля, хоча й повільніше, ніж саме математичне сподівання. Навіть якби всі розподіли були відомі, сукупний збиток як і раніше залишався б не детермінованим — у цьому полягає ризик випадковості, що супроводжує діяльність будь-якої страхової компанії. Крім того, жодна страхова компанія не захищена ще від двох специфічних страхових джерел невизначеності. Математичне сподівання сукупного збитку невідомо ні для одиночного ризику, ні для портфеля й повинне оцінюватися на підставі статистики. Одержувана оцінка тією чи іншою мірою завжди відхиляється від справжнього значення. Це джерело невизначеності називається ризиком оцінки, ризиком діагнозу або ризиком помилки. Але й можливість точного діагностування випадкової закономірності минулого не виключає загрози принаймні часткової зміни цієї закономірності в найближчому майбутньому (наприклад, через інфляцію). А тому що премія — ціна ризику — завжди встановлюється заздалегідь (і майже ніколи додаткових (наступних) платежів не передбачається), виникає третє джерело невизначеності, називане ризиком прогнозу, або ризиком мінливості. Три джерела невизначеності: ризик випадковості, ризик оцінки й ризик мінливості завжди діють спільно й у сукупності називаються технічним страховим ризиком. Ця назва відокремлює невизначеності, характерні тільки для страхового бізнесу, від інших ризиків, пов'язаних з будь-яким економічним підприємством. Отже, технічний страховий ризик полягає у відхиленні річного сукупного збитку від свого очікуваного значення.

1.11 Основні принципи розрахунку страхових премій

Страхова премія (або брутто-премія) є платою страхувальника за страховою послугою. Вона складається з нетто-премії та навантаження:

$$\text{брутто-премія} = \text{нетто-премія} + \text{навантаження}$$

Нетто-премія призначена для формування страхового фонду, з якого

будуть робитися виплати по страхових випадках. Навантаження призначене для покриття витрат і формування планового прибутку страхової компанії.

Страхова премія може бути розрахована як добуток страхової суми на страховий тариф, що називається брутто-ставкою і виражається у відсотках до страхової суми. Брутто-ставка має ту ж структуру, що і брутто-премія, і складається з нетто-ставки і навантаження:

$$\text{брутто-ставка} = \text{нетто-ставка} + \text{навантаження}$$

$$\text{брутто-премія} = \text{брутто-ставка} \cdot \text{ страхова сума}$$

При цьому нетто-ставка відображає ту міру ризику, яку представляє даний застрахований об'єкт для страховика. Об'єкти, що страхуються, як правило, мають різний ступінь ризику. Отже, навіть у рамках одного виду для страхування різних об'єктів необхідно мати деяку множину тарифних ставок.

Кожен застрахований об'єкт має властивості, які дозволяють віднести його до певної категорії (групи) об'єктів. Деякі з цих особливостей впливають на імовірність настання страхового випадку, або на імовірну величину збитку, або на те й інше одночасно. Фактори, що впливають на вказані параметри, називаються факторами ризику. Таким чином, в рамках однорідного портфеля можна виділити декілька категорій об'єктів, яким відповідають різні значення факторів ризику. Кожна така категорія об'єктів характеризується своїми середніми показниками імовірності настання збитку та тяжкістю збитку. Тому для кожної групи можна розрахувати нетто-ставку, визначену на основі загальних значень характеристик ризику, що буде відповідати типовому середньому об'єктові з даної категорії.

Як вже було сказано, премії розраховуються в умовах невизначеності. Навіть в ідеальній ситуації незалежних, однаково розподілених ризиків зберігаються ризик випадковості (пов'язаний з кінцевим розміром портфеля), ризик діагнозу й ризик прогнозу. До того ж у реальності лише невелике число ризиків виявляють схожість, що дозволяє вважати їх однаково розподіленими. Звідси виникає потреба страхової компанії в значно більшому капіталі, ніж оцінене математичне сподівання сукупного збитку, на випадок перевищення фактичним збитком свого оціненого значення.

Додатковий капітал, через існування ризику випадковості, був би необхідний навіть при відомому математичному сподіванні майбутнього сукупного збитку.

Кількісно визначити розмір необхідного додаткового капіталу можна за допомогою функції розподілу сукупного річного збитку. Так, якщо c – сукупний гарантійний або власний капітал, b – сукупна нетто-премія, G – розподіл сукупного річного збитку, то ймовірність неплатоспроможності страхової

компанії буде дорівнювати $1 - G(b)$. З іншого боку, при заданій

припустимій імовірності неплатоспроможності з рівності $G(b + c) =$

знаходиться необхідний розмір власного капіталу c . Таким чином можна сформулювати одну з найголовніших задач при аналізі ризиків – визначення розподілу сукупного збитку страхової компанії. Розв'язку цієї задачі присвячена глава 2.

1.12 Ризики страхової компанії

Класифікацію страхових ризиків можна виконати відповідно до природи подій, що впливають на страхову систему. Слід зазначити, що процес виділення окремих видів ризиків є кумулятивним, тобто всі можливі класи ризиків та фактори ризику не були виділені одноразово, а з узагальненого поняття “ризик” виділялися окремі підвиди. Поширеним підходом до класифікації ризиків є класифікація за цілями, на досягненні яких позначається вплив ризику. Така класифікація наведена в стандарті COSO ERM [5], згідно з яким виділяється чотири основних групи цілей СК і наявних ризиків: страхові (андерайгингові), кредитні, ринкові та операційні (рис. 1).

1.13 Операційний ризик страхового шахрайства.

Розглядаючи ОР СК з точки зору частоти подій, що призводять до втрат, можна виділити малоймовірні та висо- коймовірні ризики. До малоймовірних відносять ризики, пов’язані з відмовами інформаційних систем і природними катастрофами. Ризики, пов’язані з недоліками і порушеннями процесів і процедур, є високоймовір- ними, оскільки події, що спричиняють втрати, відбуваються регулярно. Окремим випадком ризику порушення процесу можна розглядати ризик страхового шахрайства. Цей ризик становить найбільшу проблему для СК порівняно з іншими ОР. Це пояснюється тим, що подія, яка призводить до збитку, не є випадковою у повному розумінні цього слова, а ініціюється зовнішніми стосовно компанії особами.

З одного боку, СШ спрямоване на здобуття страхувальником страхового відшкодування через обман або зловживання довірою, а також приховування важливої інформації в період дії договору страхування. З іншого боку, це відмова страховика від сплати страхового відшкодування без належних, зазначених у законодавстві, правил страхування [6]. Аналогічно визначається шахрайство Актом про шахрайство, виданим у Великобританії [7].

Учасники страхового ринку України оцінюють ризики СШ як одні з

найнебезпечніших. Найпоширенішими на страховому ринку України експерти вважають шахрайство у сферах автострахування, страхування життя від нещасних випадків, у медичному страхуванні, а також у страхуванні виїжджаючих за кордон.

Класифікація страхового шахрайства. Існує кілька підходів до класифікації СШ: за ступенем “тяжкості”, за моментом виникнення, за ініціатором шахрайства і за способом здійснення. На практиці часто створюються змішані класифікатори шахрайства. За моментом виникнення шахрайство розділяють на шахрайство на етапі андерайтингу і шахрайство на етапі врегулювання збитків (рис. 2).

За ступенем “тяжкості” страхове шахрайство розділяють на умисне (hard fraud) і ситуативне (soft fraud). До категорії умисного шахрайства відносять випадки, коли договір страхування укладається з метою отримання незаконної вигоди і коли збиток провокується/інсценується з тією ж метою. До категорії ситуативного шахрайства відносять випадки, коли страхувальник не робив навмисних дій для створення страхового випадку і не мав наміру отримати необґрунтовану вигоду при укладенні договору страхування. Прикладом ситуативного шахрайства може бути спроба видати “нестраховий” випадок за страховий. Наприклад, заявити пожежу, що виникла внаслідок необережного поводження з вогнем у салоні машини, як займання в двигуні. Також шахрайство може класифікуватися за стороною, що є ініціатором. У разі страхового шахрайства найбільш поширеним є шахрайство з боку клієнтів, третіх сторін, співробітників і агентів, а також контрагентів, що займаються врегулюванням збитків.

Шахрайство у різних сферах страхування. У кожній галузі страхування (майнове, відповідальності, особисте) існують свої специфічні сценарії шахрайства. У страхуванні життя об’єктом страхового захисту є життя застрахованого. Страхове покриття складається, як правило, з одного ризику або комбінації ризиків: дожиття до визначеного у договорі терміну або смерть застрахованої особи.

Страхування від нещасного випадку — це вид особистого страхування, де, найімовірніше, історично вперше виникло страхове шахрайство. Шахрайство з боку медичних закладів, на відміну від зловживань самих застрахованих, у добровільному медичному страхуванні досить поширене. Руки розв'язує доступ до грошових коштів, оскільки близько 95—98 % страхових виплат, за даними страховиків, спрямовується безпосередньо на рахунки медичних і оздоровчих закладів. Зловживання застрахованих осіб у медичному страхуванні найчастіше пов'язані з імітацією захворювань, лікуванням незастрахованих осіб, отриманням послуг, не передбачених полісом (рис. 3).

У період укладання договору страхування майна з боку застрахованих осіб можна очікувати таких обманних дій: страхування неіснуючого майна; введення в оману щодо реальної вартості застрахованого майна; страхування одного і того ж майна в розмірі його повної страхової вартості у двох і більше страховиків; приховування інформації при укладанні договору; знищення застрахованого майна для отримання страхового відшкодування.

Часто виявляють шахрайство в автострахуванні. Близько 70 % від усіх випадків шахрайства в Україні — це завищення суми збитку, ще близько 20 % випадків — інсценування страхової події. Об'єктом таких дій у 80 % випадків є нові автомобілі найбільш популярних іноземних марок середнього класу. Реалізуючи різні сценарії, автошахраї незаконно отримують чистий дохід, який становить у середньому близько 50—60 % від суми, на яку був застрахований автомобіль.

2. МОДЕЛЮВАННЯ АКТУАРНИХ РИЗИКІВ

2.1. Моделювання ризику банкрутства

Суть страхового бізнесу полягає в отриманні максимуму чистого прибутку при достатніх страхових резервах для покриття страхових вимог. Для формального опису діяльності страхової компанії часто використовується випадковий процес ризику (модель Крамера - Лундберга), що моделює стохастичну еволюцію капіталу страхової компанії. У цій моделі, з одного боку капітал монотонно і лінійно зростає з плином часу за рахунок безперервного надходження премій, а з іншого - в випадкові моменти часу (приходу страхових вимог) він убуває на випадкову величину (вимоги). Компанія розоряється, якщо капітал стає менше нуля. Очевидно, що даний процес не може адекватно відображати динаміку капіталу реальної компанії.

Далі розглянемо процес ризику з дискретним часом з постійними квартальними преміями, випадковими квартальними вимогами і відніманням дивідендів, що залежать від поточного резерву.

Оцінка ймовірності розорення і інших показників функціонування страхової компанії може бути проведена методом статистичного моделювання Монте-Карло. У багатьох випадках це єдино застосовний метод. З огляду на те, що ймовірність розорення досить мала, для досягнення прийнятної точності може бути необхідно астрономічне число випробувань. Незалежність випробувань в методі Монте-Карло дозволяє распараллелить обчислення і передати їх виконання графічного процесора. Це дозволяє отримати досить точний результат за розумний час.

Страхова компанія отримує гроші від страхувальників, покриває страхові вимоги, платить податки та інші обов'язкові платежі і, по можливості, виплачує дивіденди. Крім того, вона зобов'язана підтримувати певний рівень страхових резервів для покриття поточних випадкових страхових вимог.

У класичній моделі Крамера - Лундберга (з безперервним часом t , з постійною інтенсивністю премій c , відніманням постійних операційних витрат e і дивідендів d) рівняння еволюції резервів має вигляд:

$$x_t = u + (c - e - d)t - \sum_{k=1}^N z_k,$$

де $\{z_k, k = 1, 2, \dots\}$ - незалежні однаково розподілені спостереження випадкової величини вимог із загальною функцією розподілу $F(\cdot)$ і середнім $\square\square\square\square\square$ цілочисельна випадкова величина з розподілом Пуассона з параметром α (тимчасова інтенсивність приходу вимог в експоненційному розподілі). На практиці фінансовий стан компанії реєструється в дискретні моменти часу, наприклад, поквартально. У цьому випадку математична модель стохастичною еволюції резервів x_t страхової компанії має вигляд:

$$x_{t+1} = x_t + c_t(1 - \xi_t) - e_t - d_t = u + \sum_{i=1}^t c_i(1 - \xi_i) - \sum_{i=1}^t (e_i + d_i),$$

де $t = 0, 1, \dots, T-1$ - дискретний часовий параметр; $x_0 = u \geq 0$ - початковий капітал (резерв); x_t - поточний страховий резерв в момент t ; c_t, e_t, d_t, ξ_t - від- повідно сумарні квартальні премії, обов'язкові платежі, дивідендні виплати і випадкові нормалізовані страхові вимоги за період t . Розподіл величин ξ_t вважається стаціонарним і знаходиться зі страхової статистики. На практиці дивідендні виплати d_t обмежені законодавчо, наприклад, при величині поточного резерву x виплати $d_t \geq 0$ не можуть перевершувати величини $\beta(x - bt)$, де

$$b_t = \max\left\{b, 0.18 \sum_{i=1}^4 c_{t-i}, 0.26 \sum_{i=1}^4 c_{t-i} \xi_{t-i}\right\},$$

де $b \geq 0$ - мінімальна дивідендна межа; β - дивідендний параметр ($0 \leq \beta \leq 1$). У разі постійних премій $c_t \equiv c$ і обов'язкових операційних витрат $e_t \equiv e$ рівняння (2) набуває вигляду

$$x_{t+1} = u + (c - e)t - c \sum_{i=1}^t \xi_i - \sum_{i=1}^t d_i.$$

Розглянемо вірогідність розорення $\psi(\cdot) = Pr\{\inf_{0 \leq t \leq T} x_t < 0\}$, де $0 \leq t \leq T$ як функцію

від параметрів процесу. Ця ймовірність може бути використана як міра ризику при управлінні страховою компанією. Наприклад, ймовірність

розорення (на нескінченному інтервалі часу) $\psi(u, c, e, d, \alpha, \mu)$ в класичній моделі страхової компанії з експоненціальним розподілом вимог в явному вигляді. У більш загальній моделі така залежність не відома і може бути отримана тільки методом Монте-Карло. Проблема полягає в тому, що для оцінки малих ймовірностей розорення потрібно промодельовувати астрономічне число траєкторій процесу. Ця проблема вирішується за допомогою паралельного методу Монте-Карло, реалізованого на графічному процесорі з великим числом обчислювальних ядер. Крім верогідності розорення нас може цікавити розподіл капіталу в певний момент часу і зібрані дивіденди, їх середні значення і дисперсії в цей момент, а також залежність цих величин від різноманітних параметрів.

2.1.2 Паралельний метод статистичного моделювання (метод Монте-Карло).

Метод полягає в паралельному моделюванні великого числа N траєкторій стохастичною еволюції резервів x_t страхової компанії на заданому інтервалі часу $[0, T]$ для заданого набору параметрів $(u, c, e, d, \alpha, \mu, T)$ процесу, параметрів (u, c, e, b, T) процесу і обчисленні частки $p_N(t)$ не розорить траєкторій до моменту часу t , а також середнього чистого доходу (зібраних дивідендів

$$D_N = (1/N) \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{\tau_j} d_i^j$$

де d_i^j – дивіденди в момент i в випробуванні j , τ_j – момент руйнування в j -му випробуванні або $\tau_j = T$, якщо розорення до моменту T не відбулося. Для оцінки роботи компанії важливе значення має також залишковий резерв в кінці планового періоду. Він обчислюється в системі і відображається на тому ж графіку, що і сумарні дивіденди. В процесі паралельного моделювання обчислювальні ядра не спілкуються, а по завершенні моделювання інформація про траєкторії збирається на одному ядрі і будуються залежності величин P_n і D_n від тих чи інших параметрів процесу. Результати моделювання відображаються в площині «змінюваний параметр - ймовірність розорення», «змінюваний параметр - зібрані дивіденди» і в просторі «ризик - дохід», т. е.

В площині «ймовірність розорення - зібрані дивіденди». Точність методу Монте-Карло може бути оцінена за допомогою експоненціального нерівності Хефдінга

2.2. Моделювання збитків

В загальній теорії ризику найпоширенішими є дві групи моделей: *модель індивідуального ризику* та *модель колективного ризику*. Розглянемо окремо кожен з них та визначимо відповідні статистичні моделі.

Основним *призначенням* *індивідуальної моделі* є розрахунок характеристик сукупного річного збитку групи ризиків (математичного сподівання і дисперсії) з метою розрахунку тарифів.

В індивідуальних моделях вимоги щодо виплат вивчаються на рівні *окремого ризику*. Передумовою щодо використання моделей цього типу є однорідність груп ризиків, тобто ризики окремих груп повинні бути схожі у всьому за винятком страхових сум. Це обтяжлива умова, що рідко виконується на практиці.

При виконанні зазначеної умови, розподіл сукупного збитку групи ризиків за деякий період часу можна обчислити як згортку розподілів збитків окремих ризиків за той же період часу.

На практиці, найчастіше використовуються гама-, зворотній гауссівський та логнормальний розподіли. Через те, що умова, яка лежить в основі індивідуальної моделі, є обтяжною, в деякому сенсі, така модель не сприймається всерйоз. Індивідуальні моделі використовуються лише як складова частина інших моделей.

Нехай портфель складається з I однаково розподілених незалежних ризиків, позначимо через $R_i \geq 0, i = 1, \dots, I$ – сукупний збиток i -ого ризику. Тоді сукупний збиток S групи з I ризиків задається у вигляді суми $S = R_1 + \dots + R_I$.

Для того щоб побудувати адекватну модель для S проаналізуємо розподіли сукупних збитків окремих ризиків. Відомо, що основна маса ймовірностей зосереджена в нулі, адже практично в усіх видах страхування переважна більшість ризиків (в окремо взятому році) не породжує збитків. Виходить, розподіл випадкової величини R_i не має неперервної щільності і, зокрема, далекий від нормального розподілу. З ростом числа незалежних і однаково розподілених ризиків стандартизований сукупний збиток $(S - E(S))/\text{Sta}(S)(S - E(S))/\text{Sta}(S)$, відповідно до центрального граничного закону, дійсно стає все більше схожий на нормально розподілену величину. Але, через несиметричність розподілу величини R_i у більшості груп ризиків цей закон спрацьовує тільки при дуже великій кількості ризиків.

Для одержання допустимої апроксимації розподілу сукупного збитку S невеликої (як це характерно для практики) групи ризиків апроксимуємо розподіл сукупного збитку R_i окремого ризику i неперервним розподілом, що допускає явний розрахунок згортки. Для грубої апроксимації розподілу величини R_i , досить знати, що основна маса ймовірностей перебуває в нулі. В процесі згортки неточність апроксимації досить швидко нівелюється й досягаються дуже близькі до реальності моделі сукупного збитку (принаймні, для основної маси ймовірностей).

2.2.1. Гама-роізподіліі

Найвідомішим розподілом на інтервалі $(0; \infty)$, що дозволяє розрахувати згортки в явному вигляді, є гама-розподіл з щільністю

$$f(x) = e^{-\frac{x\alpha}{\mu}} \cdot x^{\alpha-1} \cdot \frac{(\alpha/\mu)^\alpha}{\Gamma(\alpha)}, \quad x > 0$$

Дисперсія гама-розподілу дорівнює μ^2/α , коефіцієнт варіації $1/\sqrt{\alpha}$, асиметрія $2/\sqrt{\alpha}$. Параметр форми α визначає вигляд графіка щільності (рис.

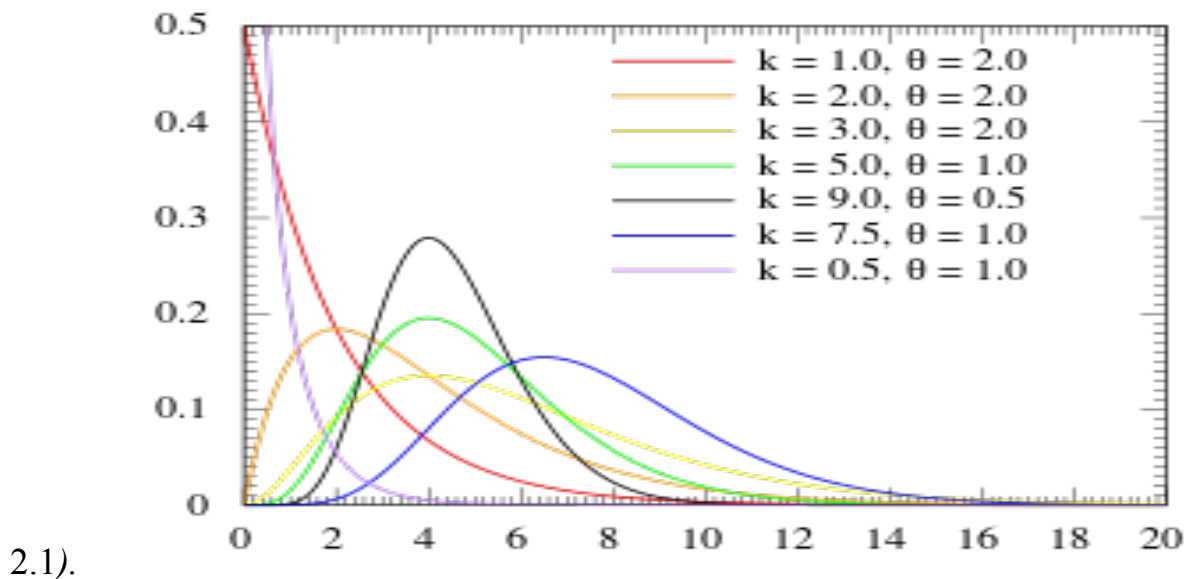


Рис. 2.1 Щільність гама-розподілів з математичним сподіванням 1.

Оскільки для необхідно, щоб розподіл величини R_i мав як можна більшу ймовірнісну вагу поблизу нульової точки, доцільно розглядати лише гама-розподіл з параметром форми $\alpha < 0$. При $\alpha = 0,02$, наприклад, 89% ймовірнісної маси зосереджено в області нижче значення $\mu/10$. Спочатку припустимо однорідну групу ризиків і апроксимуємо невідомий розподіл величини R_i гама-розподілом з параметрами $\mu = t$ та $\alpha = t^2/s^2$, де $t = E(R_i)$ і $s^2 = Var(R_i)$. Тоді в результаті I -кратної згортки гама-розподілів з параметрами μ і α одержимо розподіл сукупного збитку S групи I незалежних ризиків R_i . I -кратна згортка гама-розподілів знову дає гама-розподіл, але з параметром середнього $I \cdot \mu$ і параметром форми $I \cdot \alpha$.

Побудований на основі допустимих апроксимацій розподілів окремих ризиків, гама-розподіл може вважатися цілком реалістичною моделлю для сукупного збитку групи однаково розподілених незалежних ризиків. До того ж гама-розподіл володіє ще однією дуже вигідною властивістю: сума незалежних гама-розподілених ризиків R_i має гама-розподіл навіть в тому випадку, коли параметри μ_i і α_i не однакові для всіх ризиків i , але відношення цих параметрів постійне $\mu_i/\alpha_i = c$. Ця властивість дає можливість

модельовати за допомогою гамма-розподілу сукупний збиток групи ризиків з різними страховими сумами. Припустимо для сукупного збитку R_i окремого ризик з страховою сумою u_i , (при $E(R_i) = m \cdot u_i$ та $Var(R_i) = s^2 \cdot u_i$) гама-розподіл з параметрами $\mu_i = m \cdot u_i$ та $\alpha_i = m^2 \cdot u_i / s^2$. Тоді μ_i / α_i дійсно для всіх ризиків однаково, і $S = R_1 + \dots + R_I$ теж має гама-розподіл, але з параметром математичного сподівання $\mu_1 + \dots + \mu_I = m \cdot v$ і параметром форми $\alpha_1 + \dots + \alpha_I = m^2 \cdot v / s^2$, де $v = u_1 + \dots + u_I$.

2.2.2. Зворотний гауссівський розподіл

Зворотний гауссівський розподіл менш відомий, але схожий з гама-розподілом за властивостями. Щільність зворотного гауссівського розподілу має вигляд

$$f(x) = e^{-\frac{(x/\mu - 2 + \mu/x)\alpha}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\mu \cdot \alpha}{2\pi x^3}}, \quad x > 0$$

Параметри μ та α , як і для гама-розподілу, обрано з розрахунку збігу математичного сподівання з параметром μ і рівності дисперсії значенню μ^2 / α . Коефіцієнт варіації зворотного гауссівського розподілу становить $1/\sqrt{\alpha}$, асиметрія $3/\sqrt{\alpha}$ перевищує асиметрію гама-розподілу з такими ж математичним сподіванням і дисперсією. Параметр форми знову визначає вигляд функції щільності (рис. 2.2).

Одна з переваг зворотного гауссівського розподілу в порівнянні з гамма-розподілом – можливість вираження функції розподілу F через стандартний нормальний розподіл:

$$F(x) = \Phi(\sqrt{\alpha x / \mu} - \sqrt{\alpha \mu / x}) + e^{2\alpha} \cdot \Phi(-\sqrt{\alpha x / \mu} - \sqrt{\alpha \mu / x})$$

При $\alpha = 0,002$ одержуємо $F(\mu/10) = 0,89$. Таким чином при малих α найбільша ймовірнісній маса, як і в гама-розподілі, розташована поблизу нуля.

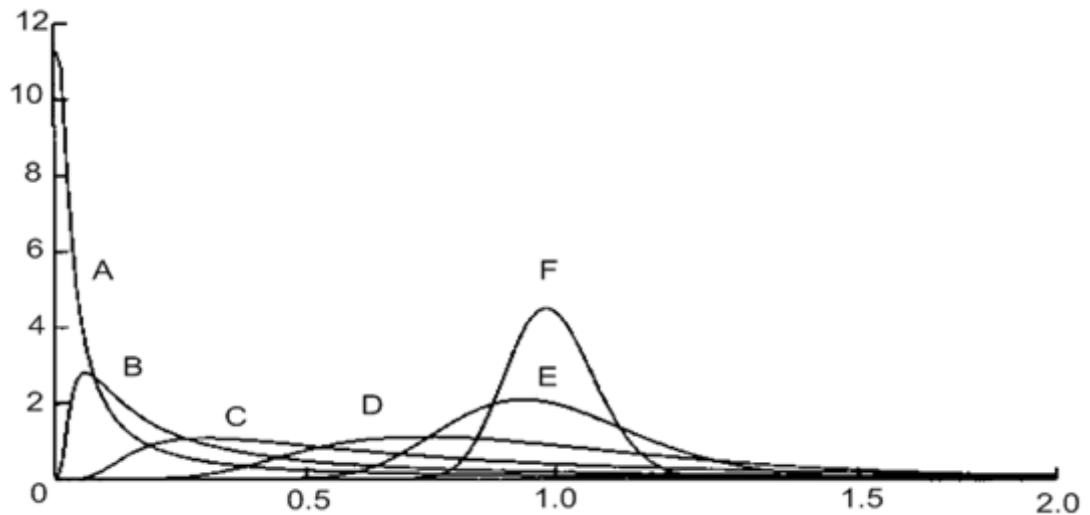


Рис. 2.2 Щільність зворотних гауссівських розподілів з математичним сподіванням 1. A: $\alpha = 0,004$; B: $\alpha = 0,02$; C: $\alpha = 1$; D: $\alpha = 5$; E: $\alpha = 25$; F: $\alpha = 125$

Це дозволяє апроксимувати розподіл сукупного збитку окремого ризику зворотним гауссівським розподілом, тим більше що він не змінюється в результаті згортки. Як і в попередньому випадку, апроксимуємо розподіл окремого ризику R_i з математичним сподіванням $E(R_i) = m$ і дисперсією $Var(R_i) = s^2$ зворотним гауссівським розподілом з параметрами $\mu = m$ та $\alpha = m^2/s^2$. Тоді сукупний збиток S групи I незалежних, розподілених як R_i ризиків, буде мати зворотний гауссівський розподіл з параметром середнього $I \cdot \mu$ і параметром форми $I \cdot \alpha$.

Як і гама-розподіл, зворотний гауссівський розподіл зберігається в результаті згортки незалежних ризиків R_i , навіть тоді, коли параметри μ_i і α_i для різних ризиків різні, але, принаймні, відношення μ_i/α_i для всіх i однакове. Завдяки цій властивості зворотний гауссівський розподіл підходить для моделювання розподілу сукупного збитку групи ризиків R_i з різними страховими сумами. Якщо розподіл величини R_i задається зворотним гауссівським розподілом з параметрами $\mu_i = m \cdot u_i$ та $\alpha_i = m^2 \cdot u_i/s^2$, то відношення μ_i/α_i для всіх ризиків однакове. У цьому випадку $S = R_1 + \dots + R_I$ має зворотний гауссівський розподіл з параметром середнього $m \cdot v$ і

параметром форми $t^2 \cdot v/s^2$, де $v = u_1 + \dots + u_I$ – сукупна страхова сума групи ризиків.

2.2.3. Модифікований розподіл Пуассона

Ще однією цілком допустимою моделлю вважається модифікований розподіл Пуассона. Кажемо, що деяка випадкова величина $R > 0$ має *модифікований розподіл Пуассона* F з параметром форми θ і грошовою одиницею (скалярним параметром) w , якщо R/w має неперервний розподіл Пуассона з параметром θ . Відповідно до правила переносу для розподілів, R має щільність

$$f(x) = \frac{\theta^{x/w} \cdot e^{-\theta}}{w \cdot \Gamma(1 + x/w)}, \quad x > 0$$

з додатковою вагою в нулі. Відповідно до конструкції, справедливі наближені рівності $E(R) \approx \theta w$ та $Var(R) \approx \theta w^2$. Рисунок 2.3 показує розподіли Пуассона при $\theta w = 1$ і $\theta = 0,04; 0,2; 1; 5; 25$, тобто приблизно з тими ж коефіцієнтами варіації, що й у попередніх розподілів.

Надалі буде зручніше користуватися трохи іншою параметризацією. Замість параметра форми θ введемо параметр середнього $\mu = \theta w$. Оскільки модифікований розподіл Пуассона в результаті згортки не зберігається в точності, цю модель розподілу не можна застосувати в площині окремих ризиків. Тому апроксимуємо розподіл сукупного збитку S групи об'єму v , що має математичне сподівання $v\mu$, модифікованим розподілом Пуассона з параметром середнього $v\mu$ і грошовою одиницею w (параметр форми дорівнює $v\mu/w$).

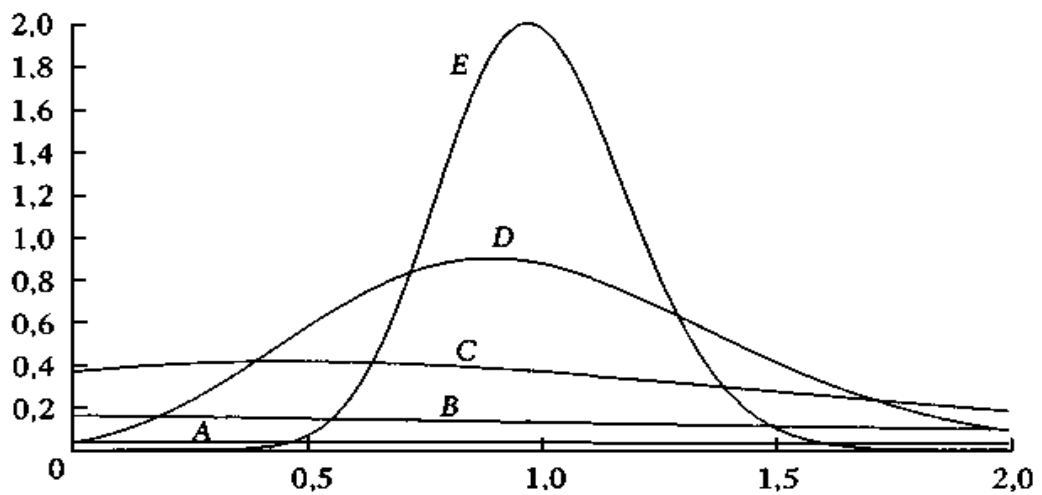


Рис. 2.3 Щільність модифікованих розподілів Пуассона з математичним сподіванням 1. A: $(Vko)^2 = 25$; B: $(Vko)^2 = 5$; C: $(Vko)^2 = 1$; D: $(Vko)^2 = 1/5$; E: $(Vko)^2 = 1/25$.

2.3 Модель колективного ризику

Розглянуті у попередньому пункті індивідуальні моделі призначені в основному для моделювання математичного сподівання та дисперсії сукупного річного збитку групи ризиків, що використовуються для розрахунку тарифів. Передумова використання цих моделей – однорідність груп: ризики кожної групи повинні бути схожі в усьому, за винятком страхових сум. Що ж стосується сукупного портфеля полісів ризикового страхування, то він, як правило, дуже неоднорідний, навіть якщо може бути поділений на однорідні групи. Одна з найважливіших задач страхової компанії – моделювання розподілу сукупного збитку портфеля, тому що на основі моделі сукупного збитку формується представлення про рівень надійності компанії й необхідний капітал. Цікавим є не тільки математичне сподівання, але й сам вигляд розподілу сукупного збитку, особливо його хвіст, що безпосередньо визначає рівень надійності компанії. Отже, потрібен метод, що дозволяє максимально точно апроксимувати *розподіл сукупного збитку довільного неоднорідного портфеля*.

Одним з таких методів є розбиття портфеля на максимально однорідні й

незалежні групи. Потім необхідно побудувати для кожної з них розподіл сукупного збитку відповідно до індивідуальної моделі, а потім згорнути отримані розподіли до розподілу сукупного збитку портфеля. Оскільки згортка різних розподілів не задається без допомоги інтеграла, цей метод не дає аналітичного рішення, хоча його отримати за допомогою чисельних методів. Однак через вимогу однорідності деякі групи можуть виявитися настільки дрібними, що достовірно описати хвости розподілів за допомогою індивідуальної моделі не вдасться, як і перевірити адекватність моделі в області хвоста або підібрати саму модель. Ця проблема типова для ризиків з високими страховими сумами, число яких порівняно невелике, а вплив на розподіл збитку сукупного портфеля істотний.

Інший, набагато успішніший шлях був вказаний на початку XX ст. шведом Філіпом Лундбергом і продовжений його співвітчизником Гаральдом Крамером. Мова йде про так звану колективну модель, що стала відправною точкою нової дисципліни в рамках теорії ймовірностей – колективної теорії ризику.

Ідея *колективної моделі* — розглядати портфель тільки як виробника збитків, не беручи до уваги приналежність збитків конкретним ризикам. Справа в тому, що вихідні розподіли колективної моделі, а конкретно, розподіл числа збитків і розподіл розміру збитку, можуть бути оцінені значно точніше, ніж розподіл збитків окремих однорідних груп ризиків.

2.3.1 Основні принципи розрахунку страхової премії

Страхування на термін тривалістю в 1 рік і коротше прийнято називати короткостроковим. Якщо страхування не передбачує накопичення коштів, те таке страхування називають ризиковим. Розрахунок страхової премії в ризиковому страхуванні відрізняється від відповідного розрахунку при довгостроковому страхуванні життя необхідністю обліку флуктуації сумарного розміру виплат. Причиною помітні флуктуації рівня страхових виплат є велика мінливість імовірності страхової події і ступеня збитку

протягом року і від року до року, а також менша кількість страхових подій протягом терміну дії договору. Остання обставина утрудняє застосування законів великих чисел для розрахунку необхідного розміру страхової премії. У силу цих причин для опису ризикового страхування необхідно послідовне імовірнісний розгляд подій, що складає предмет теорії ризику.

Потрібно, однак, помітити, що по самій своїй суті страхування покликане звести до мінімуму роль випадковості, тому сфера застосування теорії ризику в додатку до страхування обмежена випадком невеликої флуктуації фінансових показників. Дана обставина дозволяє взяти за основу середні значення цих показників, а для опису флуктуаційних виправлень використовувати спрощений підхід, заснований на законі нормального розподілу.

Перш ніж перейти до принципів розрахунку основної частини страхової премії, згадаємо елементарні поняття теорії ймовірностей. Під імовірністю якої-небудь події розуміється відношення числа випадків, коли ця подія відбувається, до загального числа випадків, коли воно в принципі моглося відбутися. У страхуванні під імовірністю страхової події q за визначений період часу, наприклад рік, розуміють відношення кількості страхових випадків n за цей період до числа застрахованих об'єктів N : $q = n/N$.

2.3.2 Основна частина нетто-ставки

Спочатку розглянемо найбільш просту ситуацію, коли в результаті страхового випадку відбувається повне знищення застрахованого об'єкта. Якщо страхова сума дорівнює S , то сумарна величина страхового відшкодування складе

$$Z = nS.$$

(2.1.1)

Для забезпечення виплати страхового відшкодування величина

сумарної страхової нетто-премії повинна дорівнювати очікуваній величині страхових виплат. Виходячи з цього величина страхової нетто-премії, стягнутої за один застрахований об'єкт, т. т. величина страхового нетто-внеску, складе

$$Pn_0 = \frac{Z}{N} = q \cdot S.$$

(2.1.2)

Індекс "0" у (2.1.2) означає, що це тільки основна частина нетто-внеску, розрахована без обліку флуктуації величини сумарного страхового відшкодування.

Звичайно в страховій теорії розраховують величину страхового внеску з одиничної страхової суми ($S = 1$), називану тарифною ставкою або просто тарифом. Для основної частини тарифної нетто-ставки одержимо

$$Tn_0 = Pn_0 / S = q \quad (2.1.3)$$

2.3.3 Частковий збиток

Повна загибель застрахованого об'єкта в результаті страхового випадку скоріше виключення, чим правило. Для обліку часткового ушкодження застрахованого об'єкта вводиться поняття **ступеня знищення**, або ваги збитку для застрахованого об'єкта. Величина страхового відшкодування B у цьому випадку менше страхової суми, а їхнє відношення і є коефіцієнтом ваги збитку b : $b = B/S$.

З урахуванням неповного знищення застрахованого об'єкта в результаті страхового випадку формули (2.1.2) і (2.1.3) для основної частини тарифної нетто-ставки і страхового нетто-внеску приймуть вид

$$Pn_0 = Z/N = \bar{B} n/N = q \bar{B}; \quad Tn_0 = Pn_0 / S = q \bar{b}, \quad (2.1.4)$$

де риска над B і b означає, що беруться середні значення.

2.3.4 Збитковість

При аналізі звітної статистичної інформації широко використовується поняття *збитковості страхової суми*, рівної відношенню сумарного відшкодування по страхових випадках, що відбувся в звітному періоді, до сукупної страхової суми застрахованих об'єктів:

$$y = \sum_{i=1}^n B_i / \sum_{k=1}^N S_k = \frac{n\bar{B}}{N\bar{S}} = q\bar{b} \quad (2.1.5)$$

де $\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$; $\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N S_k$; $\bar{b} = \bar{B}/\bar{S}$ - відповідно середні величини страхового відшкодування, страхової суми і коефіцієнта ваги збитку.

Знаючи кількість страхових випадків і загальне число застрахованих об'єктів, за допомогою формули (2.1.5) можна зі статистичних даних визначити середню вагу збитку, що надалі буде використана при розрахунку тарифних ставок.

2.3.5 Верхня границя очікуваних збитків і ризикова надбавка

В другій частині книги, присвяченій математиці страхування життя, використовувалася крапкова оцінка рівня очікуваних виплат, заснована на середнім значенні кількості страхових випадків, однозначно обумовленому таблицею смертності. Розмір страхової нетто-премії прирівнювався до середнього значення рівня очікуваних виплат. У ризикових видах страхування імовірність того, що фактичний рівень виплат перевищить очікуване середнє значення, складає приблизно 0,5, і цією обставиною не можна зневажити. Відхилення фактичного рівня виплат від очікуваного значення у велику сторону можна визначити як ризик. Ніж ширше діапазон можливих відхилень, тим вище ризик.

Невизначеність кінцевого результату ставить досить складну задачу для аналітика. З одного боку, розмір страхової премії повинний бути достатній для забезпечення страхових виплат навіть у самій несприятливій ситуації,

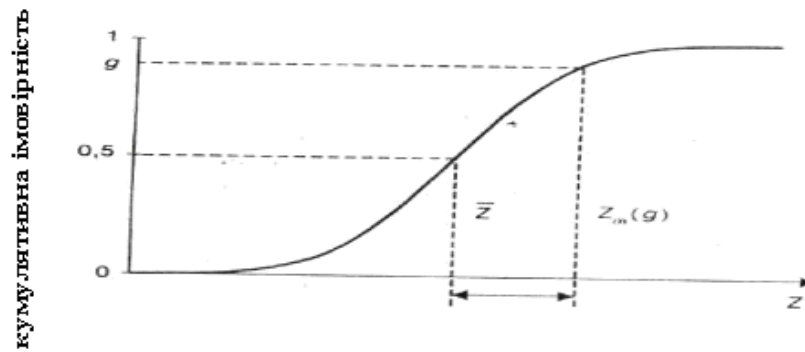
інакше страховика чекає руйнування. З іншого боку, можливо, хоча і вкрай мало ймовірно, що в самому несприятливому випадку сумарна страхова виплата виявиться рівній сукупній страховій сумі всіх застрахованих об'єктів. Якщо збирати страхову премію в такому розмірі, то страхування втрачає зміст: внесок дорівнює страхової вартості об'єкта, а страховий випадок може і не відбутися. Звідси ясно, що реальний розмір страхової премії, що збирається, що не повинний помітно перевищувати середній рівень виплат, не може зі стовідсотковою гарантією забезпечити перевищення внесків над виплатами в будь-якій ситуації. Мова може йти про 95%-ої гарантії, 90%-ої гарантії і т.д., тобто про ризик виявитися в збитку з імовірністю 5%, 10% і т. д.

Кількісна оцінка ризику можлива тільки тоді, коли відоме розподіл ймовірностей для величини сумарної страхової виплати, т.т, імовірність реалізації кожного можливого її значення. У результаті вийде інтервал можливих значень суми грошових виплат, згрупованих по ступені їхньої імовірності. Такий "профіль ризику" дозволяє аналітикові оформити свої інтуїтивні розуміння в кількісній формі приблизно в наступному виді; "9 шансів з 10, що рівень виплат не перевищить значення Z_m " або, що еквівалентно: "імовірність того, що рівень виплат перевищить значення Z_a , складає 10%". Призначаючи сумарну страхову премію в розмірі $2_{ш}$, ми можемо бути упевнені,

що з імовірністю 90% зібраних грошей вистачить на страхові виплати.

Принцип визначення верхньої границі суми страхових виплат із заданим рівнем надійності g для конкретного "профілю ризику" ясний з мал. 2.1.1. На ньому зображена залежність кумулятивної, або накопиченої, імовірності від значення верхньої границі сумарної

$$\alpha(g) \sigma Z$$



Сума виплат

Рис. 2.1.1. Кумулятивна імовірність суми страхових виплат

страхової виплати. Вибираючи фіксоване значення верхньої границі на осі абсцис, ми одержуємо з графіка імовірність того, що фактичне значення суми виплат виявиться менше цього значення. Чим вище обране значення $Z_{\text{и}}$, тим вище імовірність того, **що** фактична сума виплат виявиться менше Z_m . Навпаки, якщо ми задаємо рівень надійності оцінки верхньої границі g , те, опускаючи на вісь абсцис перпендикуляр із точки перетинання заданого рівня ординати з графіком, одержуємо гарантоване значення верхньої границі $Z_m(g)$. Часто величину g називають ще рівнем гарантії безпеки або просто гарантією безпеки. Чим вище рівень g , тим більше високе значення $Z_m(g)$ варто вибрати, щоб забезпечити з імовірністю g не перевищення цього значення фактичною сумою виплат.

Різниця між рівнем верхньої границі і середнім значенням суми страхових виплат дає діапазон можливих (з імовірністю g) несприятливих відхилень рівня страхових виплат. Звичайно ця величина складає одне-три середньоквадратичних відхилення σZ величини Z від її середнього значення. Тому цю різницю звичайно записують у виді

$$Z_m(g) - Z = a(g)a, \quad (2.1.6)$$

де коефіцієнт $a(g)$ у залежності від рівня гарантії безпеки g приймає значення від 1 до 3. Значення $a(g)$ для деяких значень g приведені в табл. 2.1.1

для нормального розподілу величини Z . Більш докладно різні розподіли випадкових величин розглянуті в наступному розділі.

Таблиця 2.1.1

g	0,84	0,90	0,93	0,95	0,99
α	1,00	1,28	1,48	1,64	2,33

Величина сумарної страхової премії повинна бути достатньою для забезпечення страхових виплат, тому неї дорівнюють до максимальної величини очікуваної суми страхових виплат $Z_m(g)$. Мова, звичайно, йде про нетто-премії, призначеної тільки для покриття збитків; повна премія (брутто-премія) повинна містити в собі ще і витрати страховика на проведення страхування.

Страховий нетто-внесок, або страхова нетто-премія, стягнута з одного страхувальника, дорівнює сумарної нетто-премії, діленої на число договорів страхування:

$$Pn = Z_m/N = \bar{Z} (1 + \alpha \sigma Z/\bar{Z})/N = Pn_0(1 + \alpha VZ), \quad (2.1.7)$$

де $VZ = \sigma Z/\bar{Z}$ — коефіцієнт варіації розміру сумарного страхового відшкодування.

Прийнято розділяти нетто-премію на двох частин: основну нетто-премію і ризикову надбавку, призначену для компенсації несприятливих (позитивних) флуктуації величини рівня страхових виплат. Основної нетто-премії відповідає перший доданок у (2.1.7), ризиковій надбавці — друге:

$$Pn = Pn_0 + Pn_r; \quad Pn_0 = \bar{Z}/N; \quad Pn_r = \alpha Pn_0 VZ. \quad (2.1.8)$$

Аналогічно для тарифної нетто-ставки

$$Tn = T^{n_0} + Tn_r; \quad T^{n_0} = \bar{Z}/SN; \quad Tn_r = \alpha Tn_n VZ. \quad (2.1.9)$$

Значення основних частин нетто-внеску і нетто-ставки визначаються формулами (2.1.4), а значення ризикових надбавок у залежності від

конкретного виду коефіцієнта варіації будуть обчислюватися в дійсній главі в міру викладу.

Після введення основних понять, використовуваних при розрахунку страхових тарифів, розглянемо це питання більш детально. В основі економіки страхування лежить принцип розподілу збитку, понесеного деякими, між всіма учасниками страхування. При цьому розподіл збитку в часі може, носити як локальний, так і нелокальний характер.

Під *локальним розподілом* збитку розуміють відшкодування збитків, що відбулися за визначений період часу, тільки за рахунок страхових премій учасників страхування, сплачених у цей період часу. Іншими словами, у відшкодуванні збитку беруть участь тільки ті страхувальники, що у даний період мають діючі договори страхування. Звичайно такий тип розподілу збитку характерний для масових видів страхування з досить великим терміном страхування (звичайно 1 рік): медичне страхування, страхування автотранспорту і т.п. При цьому очікувана кількість страхових випадків за цей період повинне помітно перевищувати 10.

Розподіл збитку в часі *нелокального* характеру звичайно для видів страхування з коротким терміном дії договорів, наприклад для страхування пасажирів, туристів, вантажів і т.п. Страхові випадки тут відбуваються далеко не щораз протягом терміну дії договору, а для здійснення страхової виплати явно недостатньо засобів, зібраних з, що бере участь у даний момент у страхуванні. Для виплати використовуються засоби страхового фонду, накопичені раніше за рахунок внесків інших учасників страхування. При нелокальному розподілі збитку страхові премії по завершених договорах страхування повинні резервуватися для здійснення майбутніх страхових виплат.

Для розрахунку тарифів звичайно використовують статистичні дані за рік: збитковість, імовірність страхового випадку, вага збитку і т.п. Вибір тимчасової бази в 1 рік обумовлений необхідністю згладити сильні сезонні коливання показників, властивій більшості видів страхування. Однак навіть

річні показники найчастіше змінюються від року до року, щоправда, уже не настільки сильно, як усередині року. Тому в розрахунках використовують значення показників, усереднені за ряд років протягом визначеного періоду, називаного тарифним. Тривалість тарифного періоду вибирається досить великий, щоб виявити основні закономірності зміни річних показників. Якщо показники випробують досить регулярні коливання навколо середнього значення, то тривалість тарифного періоду варто вибрати рівної цьому періодові. Якщо показники мають стійку тенденцію до росту (зниження), то тарифний період повинний бути таким, щоб ця тенденція сформувалася і її можна було виділити на тлі коливань

(звичайно 7-12 років). Узагалі варто помітити, що обробка статистичних даних ближче до мистецтва, чим до строгої математичної науки.

На практиці часто приходиться користуватися статистикою за більш короткі інтервали часу, тому потрібно з великою обережністю підходити до облікові тенденцій збитковості (особливо до зниження!) при розрахунку тарифів. Крім того, недолік статистичних даних приводить до необхідності збирати страхові премії з запасом, щоб забезпечити виконання страховиком зобов'язань при несприятливій зміні збитковості.

2.4 Моделювання операційних ризиків

На сьогодні теоретичне обґрунтування поняття актуарного ризику, розкриття природи виникнення ризиків у страхуванні, класифікація та системи заходів попередження або мінімізації негативних наслідків не тільки дістали подальший розвиток, а й стали важливим інструментом впливу на розвиток економіки. Велику роль при цьому відіграють комп'ютерні аналітичні системи, які дають можливість використовувати наявні математичні моделі й створювати нові на основі статистичних даних. На розвиток підприємництва в сучасних умовах впливають економічні,

політичні, соціальні, техногенні чинники і природні катаклізми. В таких умовах постає завдання мінімізації ризиків фінансових втрат і виникає потреба в ефективному захисті, який надають страхові організації. Очевидно, що самі страхові компанії належать одночасно до суб'єктів і об'єктів управління ризиками. В умовах наявності невизначеностей різної природи і типу страхові компанії (СК) стикаються з фінансовими ризиками. Ці ризики необхідно своєчасно розпізнавати і створювати механізми управління ними. Основними типами ризиків, які впливають на діяльність СК, є андерайтингові, що приймаються ними від клієнтів, і ризики, які можуть виникати в ході здійснення страхової діяльності: ринкові, кредитні, операційні, ризики втрати ліквідності. Для андерайтингових і ризиків втрати ліквідності СК розроблено відповідні методи управління. Ринкові і кредитні ризики страхових компаній не мають галузевої специфіки і для управління ними використовують універсальні методи. Сьогодні існують ефективні математичні моделі для оцінювання операційних ризиків (ОР). Відомі стандарти Basel II і Solvency II стимулюють розвиток моделей управління й оцінювання ризиків у фінансовій сфері. Разом із тим оцінювання ризику шахрайства вивчене меншою мірою. Методам його оцінювання та виявлення присвячені праці [1, 2]; такі ж задачі стосовно автострахування розглянуті в [3], а модель у формі нечіткої логіки наведена в [4]. Суттєвим недоліком при моделюванні ризику страхового шахрайства (СП) є відсутність класифікатора цього виду ризиків, який враховує всі аспекти взаємодії зловмисника і СК. Існуючі класифікації ризиків шахрайства відображають лише окремі сторони цього явища і не розглядають його з точки зору теорії управління ризиками (УР). Використання в українській практиці більшості загальних методів оцінювання ОР ускладнюється відсутністю або обмеженістю статистичних даних, необхідних для навчання та калібрування моделі. Більшість українських СК не мають у своєму розпорядженні достатнього обсягу інформації про причини і наслідки ОР. Це зумовлено тим, що в період бурхливого зростання страхового ринку, що спостерігався

останніми роками, українські СК зосередили свою увагу на збільшенні страхового портфеля. Внаслідок цього методикам управління страховими ризиками і питанням управління ОР до недавнього часу приділялося мало уваги.

Таким чином, існує необхідність у розробленні моделей для управління ОР (зокрема, ризику СІП) в умовах неповноти (або відсутності) історичних даних. Необхідно проаналізувати причинно-наслідкові зв'язки між факторами ризиків, що порушують налагоджену діяльність компанії. Причини повинні визначатись на різних рівнях з метою врахування в моделях най-дрібніших деталей.

2.4.1 Види моделювання ризиків

Математичні моделі. Існують два підходи до класифікації ризиків — з точки зору чинників ризику і з точки зору наслідків дії ризикових подій. Так само моделі можна розділити на два основні класи: моделі, засновані на аналізі наслідків (часто використовується назва “високорівневі моделі” або Top Down) і моделі, засновані на аналізі чинників ризику (“низкорівневі моделі” або Bottom Up). За ознаку класифікації моделей можна використовувати множину завдань, для розв'язання яких ця модель може використовуватися. Так, моделі, що дають змогу отримати у явному вигляді функцію розподілу втрат, можна використовувати для оцінювання середніх втрат і максимальних втрат із заданим рівнем значимості (табл. 1).

Моделі, засновані на аналізі наслідків. Такі моделі у своїй більшості ґрунтуються на апараті математичної статистики. Ця група методів припускає збір і дослідження даних про втрати, зумовлені ОР упродовж попередніх періодів, з наступною екстраполяцією втрат на наступні періоди. Найбільш поширеними є такі моделі:

BIA (Basic Indicator Approach — метод базових показників);

LDA (Loss Distribution Approach — метод розподілу збитків);

IMA (Internal Measurements Approach — метод внутрішніх вимірів)

Модель BIA описує вимоги стосовно забезпечення достатності капіталу для покриття ризиків. Ця модель запропонована для вирішення завдання оцінювання максимально можливих втрат від ОР на заданому рівні значимості (99 %). Вона ґрунтується на припущенні про те, що операційні втрати є залишковими від загальних втрат, пов'язаних із ризиками.

В основі моделей класу LDA лежить припущення про те, що випадкову величину x , яка характеризує розмір втрат, що сталися протягом часу t , можна визначити так:

де $n(t)$ — випадкова величина, яка характеризує кількість втрат даного типу, що сталися протягом періоду t ; L_i — множина випадкових величин, що характеризують величини окремих втрат. При цьому робиться припущення, що величини L_j незалежні і однаково розподілені для конкретного типу збитків. Для побудови моделей проводиться аналіз втрат за вибраний період по кожній парі “лінія бізнесу”/“тип втрати”. Для кожної такої пари на основі даних про частоту втрат і величину збитків, що спостерігались у минулих періодах, розраховується вибіркове середнє значення частоти виникнення ризикових подій і вибіркове середнє значення величини втрат при виникненні ризикової події. Далі робиться припущення про тип розподілу випадкових величин $n(t)$ і L . Після визначення функцій розподілу випадкових величин $n(t)$ і L будується функція розподілу випадкової величини x (як правило, за методом Монте-Карло). Функція розподілу випадкової величини x , що характеризує загальний обсяг втрат за вибраним видом ризиків, дає можливість знайти точкову оцінку математичного сподівання втрат і розрахувати квантиль заданого рівня, тобто значення OpVaR (Operational Value at Risk).

Варіанти методу LDA ділять на дві групи. Перша група моделей

заснована на безпосередньому аналізі ризикових подій і пов'язаних з ними втрат без урахування чинників ризику і причинно-наслідкових зв'язків у рамках складнішої моделі. До таких моделей можна віднести як безпосередню оцінку характеристик розподілу частоти і дії ризикових подій, так і методики, що спираються на теорію екстремальних значень (EVT — Extreme Value Theory) [15]. Друга група моделей ґрунтується на розширеній множині змінних, до якої входять і чинники ризику.

Метод ІМА дає можливість обчислити оцінку максимально можливих втрат для цього виду ризиків без побудови розподілу випадкової величини x , що характеризує розмір втрат. В основі цього підходу лежить таке припущення: якщо розділити усі збитки на очікувані (тобто в сумі близькі до математичного сподівання суми збитків за період) і непередбачені (такі, що перевищують середнє і належать до “хвоста” статистичного розподілу), то існує функціональна залежність між величинами очікуваних і непередбачених збитків.

Моделі на основі факторів ризику передбачають поглиблений аналіз процесів у організації і дають можливість використовувати інформацію про внутрішні причинно-наслідкові зв'язки. В межах моделей цього класу використовують різні математичні методи, зокрема такі: Sb-AMA (Scenario-based Advanced Measurement Approach — сценарний аналіз); метод функціональних кореляцій; регресійні моделі; байєсівські мережі; методи нечіткої логіки та деякі інші.

Метод функціональних кореляцій ґрунтується на створенні структурної моделі організації. В цьому випадку перехід до математичної моделі здійснюється через побудову орієнтованого графа, вершини якого відповідають співробітникам і підрозділам, а ребра — потокам інформації. Кожній вершині ставиться у відповідність випадковий процес, що відображає її функціональність. Особливістю методу є встановлення стохастичних залежностей між функціональністю пов'язаних вершин. При цьому аналіз ризиків виконується не з точки зору наслідків або окремих чинників ризику, а

стосовно співробітників, систем, бізнес- процесів, яким поставлено у відповідність вершини графа.

Регресійні моделі ґрунтуються на виявленні причинно-наслідкових зв'язків між спостережуваними індикаторами і рівнем ризику. Розрізняють дві основні групи показників, які можна використовувати як спостережувані індикатори (пояснювальні змінні): 1) змінні оточення — кількісні показники, що характеризують бізнес-процеси підприємства; 2) фактори ризику, тобто кількісні показники, що характеризують спостережувані випадки реалізації ризиків.

Така математична модель має вигляд

$$x = Af + \mathbf{b} + \epsilon ,$$

де x — величина втрат, пов'язаних з ОР; f — вектор значень спостережуваних змінних; ϵ — випадкова величина, що характеризує рівень похибки моделі; A і \mathbf{b} — оцінювані параметри, що характеризують залежність між змінною x і пояснювальними змінними f . Для використання цього методу необхідно мати достатній обсяг даних для отримання оцінок з прийнятною точністю.

Методи нечіткої логіки дають можливість найкращим чином використовувати експертне оцінювання для аналізу ризиків у тих випадках, коли точні дані відсутні або неповні. Нечітка логіка наближує модель до міркувань людини в процесі прийняття і обґрунтування рішень [19, 20]. Методи нечіткої логіки можна застосовувати для оцінювання обсягу втрат і виявлення випадків шахрайства. На зарубіжних ринках є автоматизовані системи для виявлення СІП, засновані на методах нечіткої логіки, наприклад RiskShield [4].

Байєсівські мережі дають можливість відобразити в моделі причинно-наслідкові зв'язки між різними чинниками ризику і змінами середовища. На відміну від регресійних моделей, байєсівські мережі дають можливість враховувати не лише безпосередні залежності рівня ризику від факторів ризику, а й залежності між факторами ризику. Крім того, цей клас моделей

надає більше можливостей для формування висновку на основі неповних даних. З математичної точки зору БМ — орієнтований граф, де вершинам відповідають чинники ризику і зміни середовища, а ребрам — виявлені або передбачувані взаємозв'язки. Мережа також описується множиною умовних розподілів випадкових величин, що характеризують чинники ризику і змінні середовища.

Перевагою БМ є можливість одночасного використання експертного оцінювання (наприклад, для оцінювання структури мережі визначенням залежностей між змінними) і математичних методів для отримання висновку по мережі. За рахунок цього модель дає можливість зв'язувати вибірки статистичних даних з експертними знаннями. Висновок на основі БМ може здійснюватися через поширення інформації в будь-якому напрямку. БМ використовують для формування ймовірнісного висновку — розрахунку умовної ймовірності отримання значень для частини випадкових величин за умови відомих значень інших величин.

Висновок можна здійснювати безпосередньо з використанням формули Байєса і операцій маргіналізації — обчислення сум за реалізаціями всіх змінних, крім вибраних. У цьому випадку завдання зводиться до розрахунку умовних імовірностей за формулою де S — множина всіх змінних, за винятком X і Y . Цей метод трудомісткий, тобто завдання формування висновку за БМ є NP-повним. Тому для БМ запропоновано множини ефективніших алгоритмів формування висновку

2.5. Байєсівські мережі

Байєсівські мережі (БМ) - зручний імовірнісний інструмент для опису динаміки і статички процесів різної природи з метою подальшого аналізу особливостей їх функціонування, виявлення причинно- наслідкових зв'язків між змінними, прогнозування поведінки їх подальшого розвитку,

розпізнавання ситуацій та образів і т. ін. [2 - 4]. Протягом останнього десятиліття БМ методи знайшли своє належне місце у наборі інструментів інтелектуального аналізу даних різної природи і структури, зокрема високо актуальним є використання таких моделей у страховій галузі, яка потребує для аналізу широкого набору аналітичного інструментарію. З математичної точки зору БС - орієнтований граф, де вершин відповідають фактори ризику і зміна середовища, а ребрам відповідають виявлені або передбачені взаємозв'язки. Мережа також описується безліччю умовних розподілів випадкових величин, які характеризують фактори ризику і змінні середовища.

На сучасному етапі розвитку страхового ринку значну частину укладених страхових договорів між страховиками та страхувальниками складають договори страхування життя. Під страхуванням життя прийнято розуміти надання страховиком в обмін на сплату страхових премій гарантії виплати певної суми грошей (страхову суму) страхувальнику або вказаним ним третім особам у разі летального випадку для застрахованого або його дожиття до визначеного віку (терміну). Страхування життя спрямоване на вирішення комплексу соціально- економічних проблем, які умовно можна об'єднати у дві групи: соціальні та фінансові. Ризик, що аналізується і враховується при страхуванні життя, безпосередньо пов'язаний з тривалістю людського життя. При цьому ризиком є не сам летальний випадок, а власне момент його настання [5]. Побудова БМ пов'язана з необхідністю розв'язання кількох задач, зокрема це задачі обчислювального характеру, що зустрічаються при навчанні мережі. В загальному випадку навчання мережі відноситься до -повних задач, тобто об'єм обчислень зростає поліноміально із збільшенням кількості вузлів (змінних) мережі.

Формально, байєсівська мережа - це трійка $N = \langle V, G, J \rangle$, першою компонентою якої є множина змінних V ; другою - спрямований ациклічний граф G , вузли якого відповідають випадковим змінним модельованого процесу; J - спільний розподіл ймовірностей змінних X_n . При цьому стосовно множини змінних виконується марковська умова, тобто кожна

змінна мережі не залежить від усіх інших змінних, за винятком батьківських попередників цієї змінної.

Спочатку ставиться задача обчислення значень взаємної інформації між усіма вершинами (змінними) мережі. Потім необхідно знайти оптимальну структуру мережі з використанням критерію якості у вигляді оцінки опису мережі мінімальної довжини (ОММД), яка аналізується і оновлюється на кожній ітерації алгоритму навчання.

Виклад основного матеріалу. Ймовірність одночасної появи двох незалежних подій D і S визначається за виразом:

$$P(D,S)=p(D)p(S).$$

Якщо події D і S залежні, то поява однієї з них дає деяку інформацію про можливість появи іншої:

$$P(D,S)=p(D)p(S|D),$$

де $p(S|D)$ ймовірність появи події S за умови, що вже мала місце подія D . Наприклад, подію D можна інтерпретувати як зміну курсу валют, а S , як підвищення ціни на деякий товар. Якщо є інформація про те, що фактично відбувається у макроекономіці, то можна присвоїти вищу ймовірність появи визначеного підвищення ціни. Враховуючи комутативність наведеного вище виразу, можна записати:

$$P(D,S)=p(S)p(D|S)=p(D)p(S|D),$$

а звідси маємо просту формулу теореми Байєса (ТБ) для подій загального типу

Теорему Байєса можна розглядати як механізм формування висновку (прийняття рішення). Припустимо, що розглядається проста задача встановлення поточного стану економічної системи. В даному випадку маємо: $p(D|S)$ - ймовірність переходу у стан D за наявності інформації S , тобто це подія, відносно якої необхідно сформулювати висновок; $p(D)$ - ймовірність переходу у конкретний стан в межах деякого діапазону значень, цю величину можна оцінити на основі аналізу історії розвитку досліджуваної системи; $p(S|D)$ - ймовірність появи події, що нас цікавить, якщо система вже перейшла

в стан D . Останню величину можна оцінити за допомогою історичних даних у формі часового ряду. Ймовірність появи даної події S у досліджуваній системі позначимо через $p(S)$, цю величину також можна обчислити на основі статистичних даних, але в цьому, як правило, немає необхідності (покажимо це нижче). Припустимо, що змінна стану D може приймати два можливих значення: D_1 - істинне значення ймовірності, яке означає, що система перейшла в один із можливих станів; D_2 - протилежне значення. Ці два значення ймовірності дають в сумі 1 незалежно від того, яке значення приймає S .

Тобто знаючи оцінку $p(S)$, її можна виключити з подальшого розгляду. В даному прикладі змінна D має тільки два стани, але, очевидно, що $p(S)$ можна виключити з розгляду при довільній кількості станів D .

Проста мережа Байєса. Розглянемо випадок, коли дані щодо розв'язуваної задачі можуть поступати з кількох джерел.

В даному випадку виникає проблема оцінювання умовної ймовірності $p(S_1...S|D)$ при великих значеннях n . Однак, якщо припустити незалежність подій при відомому D , то отримаємо:

$$p(S_1, S_2, \dots, S_n | D) = p(S_1 | D) p(S_2 | D) \dots p(S_n | D).$$

В результаті подальшого нормування можна позбутися знаменника $p(S_1...S)$, що дещо спрощує задачу формування висновку.

Просту мережу Байєса можна представити графічно, як показано на рис. 1. На графі змінні представлено прямокутниками, а стрілки вказують на зв'язок (умовні ймовірності) між незалежними і залежними змінними. Незалежні змінні називають *батьківськими* або *попередниками*, а залежні - *дитячими* або *нащадками*.

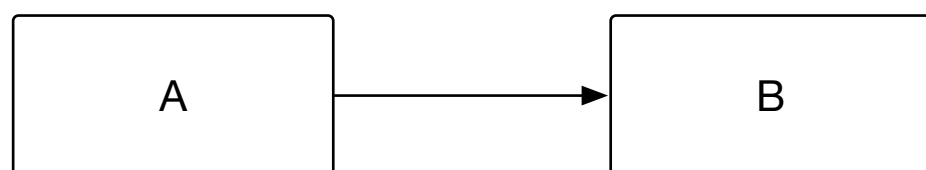


Рис. 1. Проста („наївна”) мережа Байєса

Змінні, що характеризують цю задачу, можуть бути *дискретними* або *неперервними*. Дискретні змінні приймають одне із скінченної множини значень або станів. При цьому кожний стан може бути представлений одним цілим числом або цілим числом у деякому діапазоні значень. Неперервні змінні можуть приймати будь-яке значення в межах деякого діапазону значень, їх розглядають як дійсні числа. Мережа Байєса може включати дискретні та неперервні змінні. На рис. 1 наведена проста і зручна форма мережі, яка знаходить застосування у багатьох практичних задачах. Для того щоб скористатись мережею, необхідно задати значення змінних, представлених вузлами. Задавання значень вузлам (змінним) називають *інстанціюванням*.

2.5.1 Дискретные БС.

Дискретные БС — сети, у которых переменные узлы являются дискретными величинами. Дискретные БС обладают следующими свойствами:

- каждая вершина представляет собой событие, описываемое случайной величиной, которая может иметь несколько состояний;
- все вершины, связанные с «родительскими» определяются таблицей условных вероятностей или функцией условных вероятностей;
- для вершин без «родителей» вероятности ее состояний являются безусловными (маргинальными).

Другими словами, в байесовских сетях доверия вершины представляют собой случайные переменные, а дуги — вероятностные зависимости, которые определяются через таблицы условных вероятностей. Таблица условных вероятностей каждой вершины содержит вероятности состояний этой вершины при условии состояний ее «родителей» [12]. На рис.1 приведен пример дискретной БС.

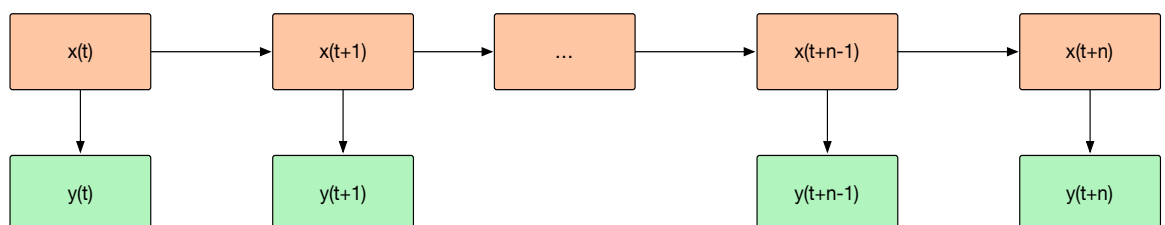
2.5.2 Динамические БС.

Динамические БС — сети, у которых значения узлов изменяются со

временем. Динамические БС идеально подходят для моделирования временных процессов. Их преимущество в том, что они используют табличное представление условных вероятностей что облегчает представление различных нелинейных явлений [7]. Стоит заметить что термин «временная Баейсовская сеть»(temporal Bayesian network) лучше подходит чем «динамическая Байесовская сеть»(dynamic Bayesian network), так как предполагается, что структура модели не изменятся. Так- же обычно параметры модели не изменяются со временем, однако всегда можно добавить дополнительные скрытые узлы, чтобы описать текущее состояние [1].

Самый простой тип динамической БС — это скрытая модель Марков (Hidden Markov Model), у которой в каждом слое есть один дискретный скрытый узел и один дискретный или непрерывный наблюдаемый узел. Иллюстрация модели ниже. Зелені вершины обозначают непрерывные узлы, помаранчеві обозначают дискретные. X — скрытые узлы, а Y — наблюдаемые. Для задания динамической БС, нужно определить начальное распределение $P(X(t))$, топологию внутри слоя $P(X(t+1)|X(t))$ и межслойную топологию (между двумя слоями) $P(Y(t)|X(t))$ [8].

Сети такого вида используют при распознавании речи. В этом случае узлы $Y(t), Y(t+1), Y(t+2), \dots$ представляют собой фонемами при произношении слов, а узлы $X(t), X(t+1), X(t+2), \dots$ — это буквы из которых состоит произносимое слово. Такая модель будет динамической в том смысле, что данная сеть будет представлять собой множество повторяющихся блоков в разные моменты времени.



2.5.3 Непрерывные БС.

Непрерывные БС — переменные узлов сети являются непрерывными величинами. Во многих случаях события могут принимать любые состояния

из некоторого диапазона. То есть переменная X будет являться непрерывной случайной величиной, пространством возможных состояний которой будет весь диапазон допустимых её значений $X = \{x | a < x < b\}$, содержащий бесконечное множество точек. При этом уже нельзя говорить о вероятности отдельного состояния, так как при бесконечно большом их числе вес каждого будет равен нулю. Поэтому распределение вероятности для непрерывной случайной величины определяются иначе, чем в дискретном случае и для их описания используются функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей.

Непрерывные БС используются для моделирования стохастических процессов в пространстве состояний с непрерывным временем

2.5.4 Гибридные БС.

Гибридные БС — сети, содержащие как узлы с дискретными переменными, так и с непрерывными. При использовании БС, содержащих как непрерывные, так и дискретные переменные существует ряд ограничений:

1. дискретные переменные не могут иметь непрерывных родителей;
2. непрерывные переменные должны иметь нормальный закон распределения,

условный на значениях родителей;

3. распределение непрерывной переменной X с дискретными родителями

Y и непрерывными родителями Z является нормальным распределением ($\sqrt{}$)

$P(X|Y = y, Z = z) = N(\mu_x(\mu_y, \mu_z), \sigma_x(\sigma_y))$, где μ_x, μ_y, μ_z — математические ожидания, σ_x, σ_y — дисперсии, $\sqrt{\sigma_x}, \sqrt{\sigma_y}$ — среднеквадратические отклонения. μ_x линейно зависит от непрерывных родителей, σ_x вообще не зависит от непрерывных родителей. Однако, оба они (μ_x и σ_x) зависят от

дискретных родителей. Это ограничение гарантирует возможность точного вывода.

2.6 Алгоритм побудови мережі Байєса

Вхідні дані.

Навчальна вибірка $D = \{d_1 \dots d_n\}$, $d_i = \{x_i^1, \dots, x_i^N\}$ (нижній індекс - номер спостереження, а верхній - номер змінної), $n \sim$ число спостережень; $N \sim$ число вершин (змінних).

Перший етап.

Для всіх пар вершин обчислити значення взаємної інформації

$$MI = \{MI(x^i, x^j); \forall i, j\}$$

Після цього елементи множини MI необхідно упорядкувати за спаданням.

Другий етап.

Крок 1. З множини значень взаємної інформації MI вибирають перші два максимальних значення $MI(x^{m1}, x^{m2})$ і $MI(x^{m3}, x^{m4})$ - За отриманим значенням $MI(x^{m1}, x^{m2})$ і $MI(x^{m3}, x^{m4})$ будується множина моделей G вигляду:

$$\{(m_1 \square\square\square m_2; m_3 \square\square\square m_4), (m_1 \square\square m_2; m_3 \square\square m_4), (m_1 \square\square m_2; m_3 \square\square m_4), (m_1 \square\square m_2; m_3 \square\square m_4), (m_1 \square\square m_2; m_3 \text{ незалежить від } m_4), (m_1 \square\square m_2; m_3 \text{ незалежить від } m_4), (m_1 \text{ незалежить від } m_2; m_3 \square\square m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \square\square m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4)\}.$$

Крок 2. Виконати пошук серед множини моделей G . В параметрі g^* зберігається оптимальна мережева структура. Оптимальною структурою буде та, у якій буде найменше значення функції. $L(g, x^n)$ - ОМД структури моделі при заданій послідовності з n спостережень $x^n \square\square d_1 d_2 \dots d_n$

$$(1) g^* \square\square\square g^0 (\in G);$$

$$(2) \text{для } \forall g \in G \square \{g \square\} : \text{якщо } L(g, x^n) \square L(g^*, x^n) \text{ то } g^* \square\square\square g;$$

$$(3) \text{ на виході } g^* \text{ - шукане рішення.}$$

Крок 3. Після того як знайдено оптимальну структуру (структури) g^* з G , з множини значень взаємної інформації $SetMI$ вибирають максимальне значення: $MI(x^{i_next}, x^{j_next})$ - отриманим значенням. Після будується множина моделей G вигляду: $\{(g^*; i_next \rightarrow j_next), \{g^*, i_next < j_next\}, (g^*; i_next \text{ не залежить від } j_next)\}$. Перейти на крок 2.

Умова закінчення процедури пошуку.

Евристичний пошук продовжується до тих пір, поки не буде виконано аналіз визначеного числа елементів множини або ж всіх $N^*(N-1) / 2$ елементів множини $SetMI$. Як показує практика, у більшості випадків немає смислу виконувати аналіз більше половини (тобто $N^*(N-1) / 4$) елементів множини $SetMI$.

3. СТАТИСТИКА СТРАХУВАННЯ

3.1. Сутність страхової статистики

Статистика страхування має такі функції: забезпечення страхових органів необхідною статистичною інформацією, а також виявлення тенденцій і закономірностей появи страхових подій. Перша функція полягає в організації статистичного спостереження в страхуванні, обробці та аналізі статистичної інформації, розробці методології розрахунку статистичних показників від різних видів страхування. Інша функція полягає у виявленні тенденцій і закономірностей появи страхових подій, оцінці їх частоти і важкості. Для розв'язання цих проблем необхідно визначити обґрунтований рівень тарифних ставок. Це – одне з основних завдань статистики страхування.

Крім цих завдань статистика страхування повинна встановлювати взаємозв'язок між страхуванням і рівнем грошових доходів населення, виявляти структуру страхувателів окремих видів страхових ризиків за віком, статтю, видом діяльності та іншими ознаками. Для розв'язання цих завдань статистика страхування використовує методи та прийоми теорії статистики: абсолютні та відносні величини, аналіз динамічних рядів, методи аналізу взаємозв'язків, індексний метод, вибірковий метод тощо.

До абсолютних показників страхування належать: страхове поле (N_{\max}), число застрахованих об'єктів (N), число страхових випадків (n_b), число об'єктів, що постраждали (n_n), страхова сума застрахованого майна (S), страхова сума об'єктів, що постраждали (S_n), страховий платіж (страховий внесок, страхова премія) (P), сума виплат страхового відшкодування (W).

Страхові платежі можуть здійснюватися одноразово чи поетапно. Внесення страхових платежів відбувається на основі страхових тарифів – розміру плати з одиниці страхової суми. Страховий тариф відображає ціну

страхування. Це основний чинник конкуренції на страховому ринку. Чим більше охоплено страхувальників і менше витрати страховика, тим нижчий розмір страхового тарифу і тим більше можливості для залучення нових клієнтів. Страховий тариф, або брутто-ставка В, складається з двох частин: нетто-ставки С, яка забезпечує виплату страхового відшкодування; навантаження f , що забезпечує відшкодування витрат страховика і прибутковість його діяльності. Основою розрахунку тарифу є визначення нетто-ставки (С). Це по суті планова збитковість страхової суми. Вона характеризує розмір відповідальності страховика. Чим менший цей показник, тим ефективніша його діяльність.

Показник збитковості залежить від частки об'єктів, що постраждали, тобто вірогідності страхового випадку ($n : N$), середнього розміру страхового відшкодування (\overline{W}) і середньої суми застрахованих об'єктів (\overline{S}).

Звідси – показник збитковості розраховується за формулою:

$$q = \frac{n}{N} \cdot \frac{\overline{W}}{\overline{S}}.$$

На основі абсолютних величин розраховуються такі відносні показники інтенсивності:

- середня страхова сума застрахованих об'єктів $\overline{S} = \frac{S}{N}$;
- середня страхова сума об'єктів що постраждали $\overline{S} = \frac{S_n}{n}$;
- середній розмір виплаченого страхового відшкодування $\overline{W} = \frac{W}{n}$;
- частка об'єктів, які постраждали ($n : N$);
- показник виплат страхового відшкодування в розрахунку на страхові платежі ($W : P$);
- страхові платежі в розрахунку на страхову суму застрахованих об'єктів ($P : S$);
- показник збитковості страхової суми ($q = W : S$);
- ступінь охоплення страхового поля $d = \frac{N}{N_{\max}}$;

- частота страхових випадків $d_b = \frac{n_n}{N}$;
- середня сума страхового внеску $\bar{N} = \frac{P}{N}$;
- коефіцієнт важкості страхових подій $K_e = \frac{\bar{W}}{\bar{S}}$;
- коефіцієнт фінансової сталості $K_\phi = t \sqrt{\frac{1-q}{Nq}}$;
- Імовірність збитку $P_z = \frac{W}{S}$;
- норма збитковості $N_z = \frac{W}{P}$;
- індивідуальний індекс збитковості $i = \frac{q_1}{q_2}$.

Статистика фінансових результатів страхових організацій вивчає обсяг доходів і витрат страхових організацій, їх склад характеризує утворення і розподіл прибутку, вимірює та аналізує рентабельність.

Для оцінки прибутковості в страхуванні використовують кілька показників рентабельності: рентабельність страхових організацій, рентабельність страхової діяльності і рентабельність окремих видів страхування.

Рентабельність страхових організацій розраховується як відношення прибутку до власного капіталу. Рентабельність страхової діяльності обчислюється відношенням прибутку, що отриманий від страхової діяльності, до суми витрат відрахувань страхової діяльності. Розрахунок рентабельності по будь-якому виду страхування (або страховій позиції) можна здійснити порівнянням прибутку, отриманого від відповідного виду страхування (страхового ризику), і страхової суми або суми страхових платежів по цьому виду страхування.

3.2. Розрахунок страхових показників

Розглянемо дані зібрані в процесі роботи. На основі даних страхових компаній проведемо аналіз. Дані візьмемо з таблиці 3.1.

Побудуємо графіки, в яких відобразимо зміну абсолютних показників в часі.



Рис. 1. Динаміка страхових премій за 2014 – 2016 рр. (млн. грн.)

Валові страхові премії, отримані страховиками при страхуванні та перестраховуванні ризиків від страхувальників та перестраховальників за 2016 рік, становили 35 170,3 млн. грн., з яких:

13 220,0 млн. грн. (37,6%), що надійшли від фізичних осіб;

21 950,3 млн. грн. (62,4%), що надійшли від юридичних осіб.

За 2015 рік загальна (валова) сума страхових премій, отриманих страховиками, становила 29 736,0 млн. грн., з яких:

10 239,5 млн. грн. (34,4%), що надійшли від фізичних осіб;

19 496,5 млн. грн. (65,6%), що надійшли від юридичних осіб.

За 12 місяців 2016 року сума отриманих страховиками валових премій з видів страхування, інших, ніж страхування життя становила 32 414,2 млн. грн. (або 92,2% від загальної суми страхових премій), а зі страхування життя – 2 756,1 млн. грн. (або 7,8% від загальної суми страхових премій).

Чисті страхові премії за 2016 рік становили 26 463,9 млн. грн., що становить 75,2% від валових страхових премій. Чисті страхові премії за 2015 рік становили 22 354,9 млн. грн., або 75,2% від валових страхових премій.

Обсяги валових страхових премій за 2016 рік збільшились порівняно з 2015 роком на 18,3%, з 2014 роком зросли на 31,4%. Найбільший ріст валових страхових премій відбувся у IV кварталі 2016 року на 21,2% порівняно з III кварталом 2016 року.



Рис. 2. Структура валових страхових премій



Рис. 3. Структура чистих страхових премій за видами страхування станом

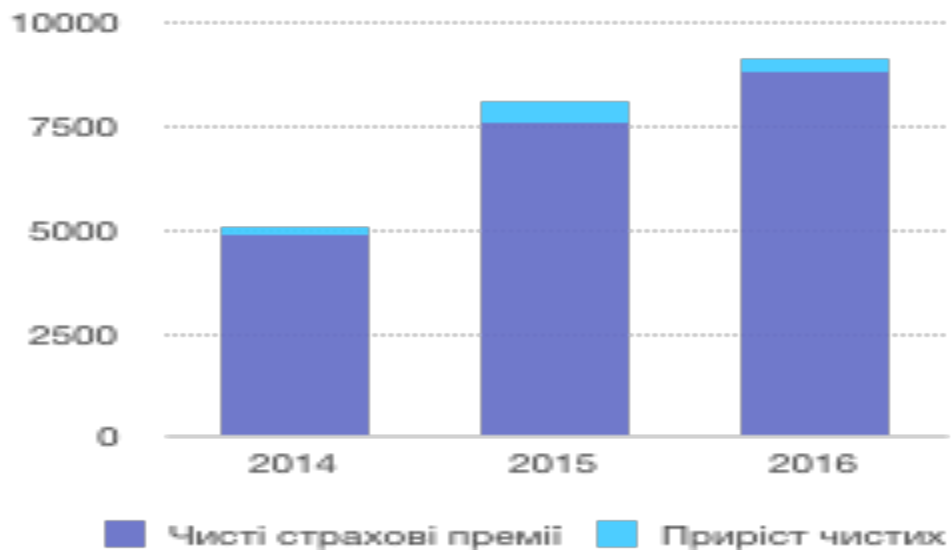


Рис. 4. Динаміка страхових виплат за 2014 – 2016 рр



Рис. 5. Структура чистих страхових виплат за видами страхування

Структура чистих страхових виплат станом на 31.12.2016 перерозподілилася на користь страхування кредитів (з 4,0% до 12,9%), страхування вантажів та багажу (з 1,5% до 4,6%), автострахування (з 40,5% до 43,3%) за рахунок

зменшення частки страхування фінансових ризиків (з 16,5% до 9,6%), страхування майна (з 5,6% до 1,7%), страхування життя (з 6,5% до 4,9%).

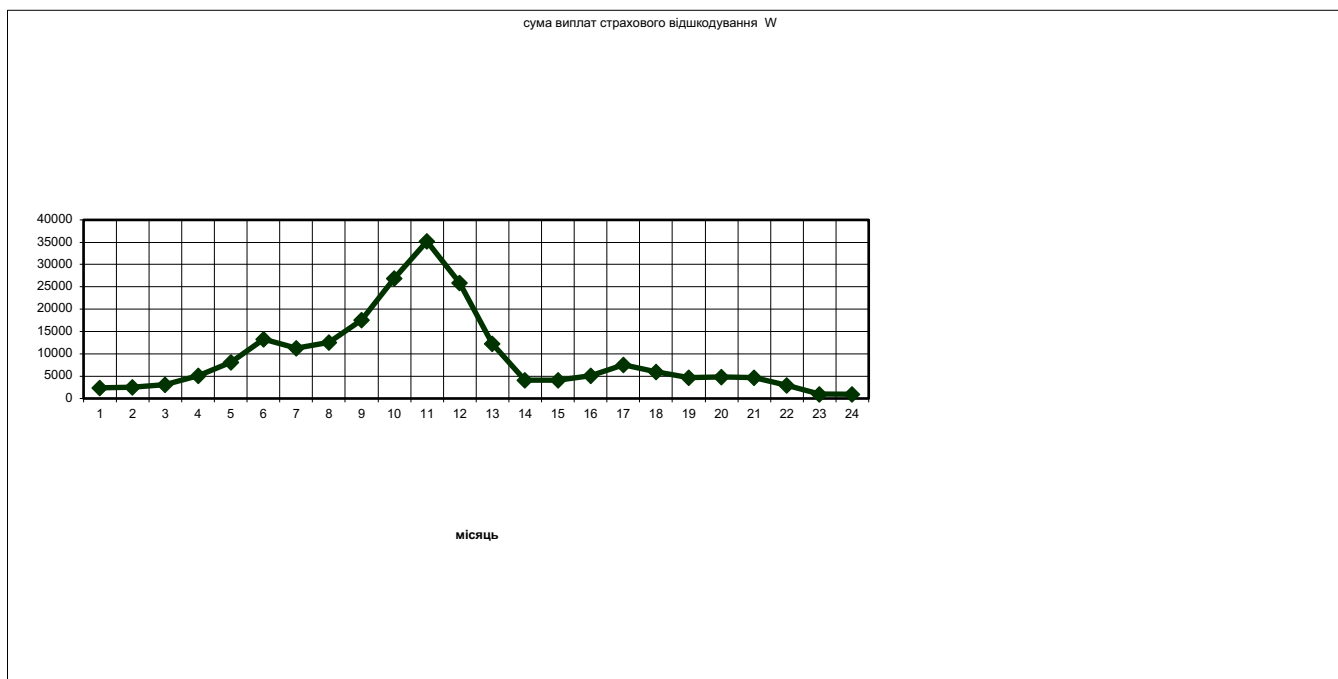


Рис. 6. Сумма застрахованного майна 2015 – 2016 рр

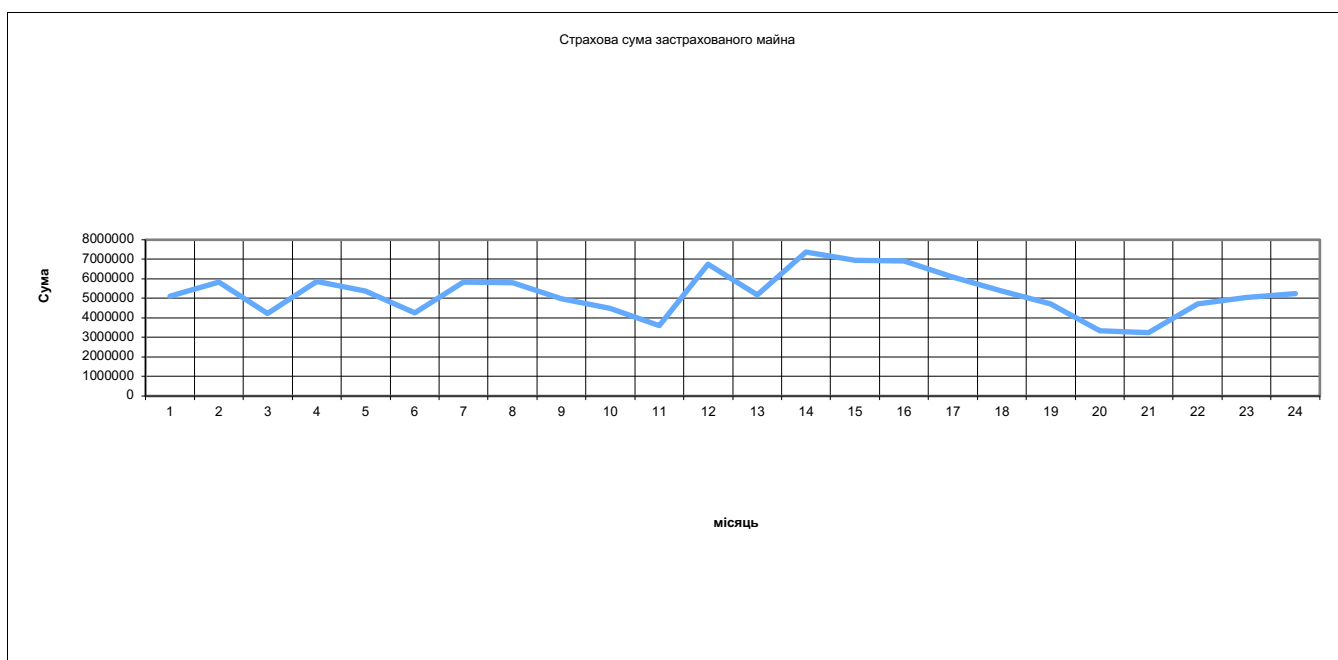


Рис. 7. Динаміка страхових виплат за 2015 – 2016 рр

Страхова премія (або брутто-премія) є платою страхувальника за страховою послугою. Вона складається з нетто-премії та навантаження. Нетто-премія призначена для формування страхового фонду, з якого будуть робитися виплати по страхових випадках. Навантаження призначене для покриття витрат і формування планового прибутку страхової компанії.

Страхова премія може бути розрахована як добуток страхової суми на страховий тариф, що називається брутто-ставкою і виражається у відсотках до страхової суми. Брутто-ставка має ту ж структуру, що і брутто-премія, і складається з нетто-ставки і навантаження. При цьому нетто-ставка відображає ту міру ризику, яку представляє даний застрахований об'єкт для страховика. Об'єкти, що страхуються, як правило, мають різний ступінь ризику. Отже, навіть у рамках одного виду для страхування різних об'єктів необхідно мати деяку множину тарифних ставок. Процес визначення сукупності тарифних ставок і умов їх застосування назовемо тарифікацією страхового продукту. Як основні етапи тарифікації можна виділити побудову тарифікаційної системи і власне розрахунок тарифних ставок. [5]

Із зростанням кількості автотранспорту зростає і число дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Численні ушкодження транспортних засобів (ТЗ) відбуваються внаслідок аварій, пожеж, навмисних дій третіх осіб та інших небезпек. Усі ці та інші, що покриваються страхуванням небезпеки автотранспорту, розрізняються за рівнем або ступенем ризику, за частотою настання і важливості наслідків. Наприклад, автомобіль, який використовується для частих ділових поїздок, являє собою більш високий ступінь ризику, ніж легковий транспорт для розважальних цілей.

Якщо виходити з класифікації ризиків за видами, то більшість страхових компаній включає в обсяг страхового покриття як специфічні, так і фундаментальні ризики. До них відносяться: ДТП, крадіжка, протиправні дії третіх осіб (ПДТО), пожежа, падіння предметів і стихійні лиха [5].

Кожен з них представляє визначену сукупність небезпек і випадків раптового і непередбаченого характеру, на випадок яких і проводиться страхування. Наприклад, ризик ДТП охоплює такі небезпеки, як зіткнення і торкання ТЗ, наїзди різного виду, перекидання, падіння і т.п. події. Ще більший діапазон небезпек характеризує ризик ПДТО, з яких багато страховиків виділяють самостійний ризик "викрадення".

Які ж ризики можуть стати найбільш ймовірною причиною ушкодження або знищення ТЗ?

Розглянемо фактичне або конструктивне знищення машини. Воно може відбутися в результаті автокатастрофи, підпалу або вибуху, падіння або затоплення і т.п. випадках. І страховик зобов'язаний буде виплатити страхове відшкодування в повному обсязі страхової суми. Різні ушкодження корпусу, систем і устаткування автомобіля викликані падінням предметів, протиправними діями третіх осіб, пожежами, стихійними лихами. Далі, розкрадання ТЗ зловмисниками можливе за будь-яких обставин, з поверненням автомобіля власникові або пропажі його безвісти. З наведених прикладів робимо висновок, що ті самі ризики можуть призвести і до ушкодження і до знищення ТЗ. Варто визнати, ті труднощі що виникають при спробі згрупувати окремі небезпеки у визначені види ризиків, з огляду при цьому на їхню природу, фактори, що можуть вплинути на величину збитку, а також частоту настання і вагу наслідків. Отже, є сенс відійти від звичної класифікації ризиків і розглядати обсяг страхового покриття на більш прийнятних для страхувальника умовах. На думку автора, до таких належать: з відповідальністю за повну загибель або ушкодження і з відповідальністю за розкрадання. При якому підході всі збитки, заподіяні страхувальникові, будуть відшкодовуватися незалежно від причини ушкодження або знищення ТЗ, крім стандартних виключень, що звичайно застосовуються в страхових компаніях. Разом з тим, пропоновані умови страхування ТЗ, не повинні обмежувати право

страхувальника на вибір будь-яких інших страхових ризиків, що відповідають його інтересам.

Важливе значення для дослідження суті страхового процесу мають наукові визначення. Точні та зрозумілі формулювання основних понять і термінів дозволяють зробити страхові документи простими та зрозумілими для громадян. Довільне ж тлумачення найчастіше вводить в оману учасників страхового процесу. Наприклад, коли ми говоримо про об'єкт страхування, то під цим розуміємо конкретний транспортний засіб, що належить страхувальникові або придбаний ним у розстрочку або експлуатований за договором оренди. Або розглянемо Інше поняття "КАСКО", що нерідко змішують з таким широким поняттям, як страхування "від усіх ризиків", або "повне покриття", або просте як сукупний ризик. Власне кажучи, "страхування КАСКО транспортних засобів" представляє собою вид транспортного страхування, що забезпечує захист майнових інтересів власників автомашин і інших осіб, керуючих цими засобами на законних підставах, від ризиків ушкодження або знищення ТЗ у страховому періоді. У буквальному значенні слова "авто-КАСКО" означає страхування корпусу, механізмів, устаткування й інших приналежностей. Обсяг покриття, наданого за договором страхування КАСКО ТЗ, документально відбивається у відповідних умовах страхування.

Щоб вони містили оптимальні дані про об'єкт страхування, корисно використовувати досвід закордонних страховиків. Так, умови англійського поліса містять пункт "особа або особи, допущені до керування транспортним засобом". У це коло осіб входять чоловік, дружина й інші близькі люди, що проживають за тією ж адресою, що і страхувальник та розділяють фінансову відповідальність за винятком ділових партнерів і компаньйонів. Викликає зацікавленість їхня класифікація ТЗ за функціональною ознакою, що розподіляє автомобілі по групах з різним ступенем ризику [6].

Отже, розглянувши основні фактори ризику, страховик переходить до рішення заключної задачі, тобто до вирахування розміру тарифної ставки за страхування ТЗ.

Немає сумніву, що страховики застосовують різні методики розрахунку страхового платежу аж до комп'ютерної системи оцінки автотранспортних ризиків.

Залишаючи осторонь дослідження існуючих методів вирахування страхової премії, звернемося до огляду тарифних ставок, що застосовуються в страхових компаніях України. На основі методу середньоквадратичних відхилень знайдемо ймовірні перевищення розмірів тарифних ставок щодо їхнього середнього значення. Результати відображено в таблиці [7]. Аналіз тарифікації авторизиків свідчить про великий розкид чисельних значень тарифів. Подібні коливання викликані, насамперед, зростанням кількості страхових компаній, відсутністю статистики по масових видах страхування, недостатнім досвідом страховиків, твердою конкуренцією між ними, що спонукає окремих страховиків знижувати розміри ставок, щоб збільшити кількість своїх клієнтів.

Необґрунтованою є думка, що всі громадяни зацікавлені в страхуванні, їхня страхова психологія плюс добробут ще далекі від європейських стандартів. Ось чому, незважаючи на кількісне зростання наземного автотранспорту, обов'язкове, а особливо добровільне страхування залишають бажати кращого. З більш, ніж 10 млн. транспортних засобів, зареєстрованих на Україні, страхуванням охоплено близько 30% автомобілів.

Який же підхід обрати, щоб з'єднати науку і практику з метою розробки ефективної методики розрахунку тарифу за страхування автотранспорту? Немає сумніву в тому, що система розрахунків повинна базуватися на статистиці страхових операцій та основних параметрів автотранспортних засобів. Мається на увазі рік випуску, обсяг двигуна автомобіля, стаж водія.

Статистика дозволяє визначити середньорічний показник ймовірності настання страхового випадку (q). Даний показник є тією нижньою межею, за якою страхування наземного автотранспорту буде збитковим.

Якщо показник " q " помножити на коефіцієнти, що враховують вік, обсяг двигуна і стаж водія машини, то одержимо очікуваний страховий тариф. Таким чином, формула набирає такого вигляду:

$$T = q \cdot K_v \cdot D_o \cdot K_s,$$

де: q - середньорічний показник ймовірності настання страхового випадку;

K_v - коефіцієнт на вік;

D_o - коефіцієнт, що враховує обсяг двигуна;

K_s - коефіцієнт на стаж водія.

Залежно від марки, типу і вартості автомобіля і його функціонального призначення допускається введення у формулу і коефіцієнта навантаження (K_n).

Пропонована методика розрахунку тарифної ставки не претендує на ідеальний варіант. Однак, випробувана на конкретних прикладах страхування ТЗ, така методика дозволяла в лічені хвилини визначити реальну премію, достатню за розміром та відповідним ступенем ризику, яки і; страхується.

Не менш складним, ніж розрахунок тарифної ставки, є обчислення франшизи, як частини збитку, що не відшкодовується.

Зі страхової практики відомо, що існує кілька підходів до застосування безумовної франшизи. На умовах страхування від усіх авторизиків франшиза може встановлюватися на будь-який страховий випадок. Але, в основному, вона застосовується по окремих ризиках, особливо у випадку ДТП і викрадення автомобіля.

Що стосується бази вирахування франшизи, то такого зазвичай є страхова сума. Але подібний варіант більш прийнятний у випадку загибелі або розкрадання застрахованого ТЗ. На інших умовах страхування,

як наприклад, від ушкодження автомобіля, доцільно застосовувати франшизу. обчислюючи її від вартості ремонту ушкодженого ТЗ, не від страхової суми. кожному конкретному випадку страховики на свій розсуд вирішують цю задачу. Про розміри франшизи можна судити п тих даних, що приведені таблиці, яка наочно відображає її середньоквадратичне відхилення від середнього значення. Чи виправдане застосуванні безумовної франшизи, або більш прийнятною є умовна франшизи при страхуванні ТЗ? У будь-якому випадку - це одна з неприємних для страховика ситуацій, коли страхувальник не отримає повного відшкодування своїх збитків. Як же визначити розмір франшизі щоб її величина не був настільки руйнівною для страхувальника, відповідала фактичним параметрам автомобіля і повною мірою скорочувала збитки страховика?

На жаль, у літературі про страхування присутнє більше міркувань загального плану, ніж конкретних рекомендації! щодо методики вирахування франшизи. На практиці, в основі визначення її розміру лежить метод експертних оцінок. Щоб якось заповнити прогалину у цьому напрямку, автор пропонує наступні формули для визначення франшизи по ДТП і викраденню.

Франшиза за ризиком "ДТП" має такий вигляд:

$$F=[P_c / (M * D_o)] * K_v * K_z,$$

де P_c - страхова премія;

M - середньорічна кількість дорожньо-транспортних пригод, яке дорівнює 41 272 [8],

D_o - коефіцієнт, що враховує обсяг двигуна;

K_v - коефіцієнт на вік автомобіля:

K_z - коефіцієнт збитку [9]

Розрахунок франшизи виробляється від суми збитку, викликаного ушкодженнями автомобіля внаслідок ДТП,

Франшиза за ризиком "викрадення" розраховується від страхової суми і за формулою:

$$P = [(S_v/S) * U_v] / (K_v * D_o) * K_z,$$

де S_v/S - відношення середньої виплати до середньої страхової суми, прийняте таким, що дорівнює значенню 0.4 при страхуванні автотранспортних засобів; [10]

U_v - середньорічний рівень страхових виплат;

K_v - коефіцієнт на вік;

D_o - коефіцієнт на обсяг двигуна;

K_z - коефіцієнт збитку.

З огляду на те, що $S_v/S = 0.4$, а середньорічний рівень виплат дорівнює 0.405, [11] формула за ризиком "викрадення" приймає остаточний вид:

$$P = 0.162 * [K_z / (K_v * D_o)].$$

Таким чином, використовуючи математичний метод, що враховує специфіку страхування автомобільних ризиків, ми одержуємо можливість оцінки розміру тарифної ставки та франшизи. Наскільки придатна для розрахунків пропонується методика підтвердить страхова практика. Разом з тим, цей спосіб оцінки значень страхових величин може послужити предметом дискусії з актуальних проблем страхування.

3.3.1. Тарифікаційні системи

Величина нетто-ставки відображає ту міру ризику, яку представляє даний застрахований об'єкт для страховика. Кількісною оцінкою ризику є ймовірна вартість (математичне сподівання) виплати за даним договором. На цю величину впливають наступні фактори:

- імовірність настання страхового випадку по даному договору;
- очікувана тяжкість страхового випадку (під очікуваною тяжкістю страхового випадку розуміємо відношення імовірної величини збитку страховика до максимально можливої виплати за даним договором, тобто до страхової суми).

Кожен застрахований об'єкт має властивості, які дозволяють віднести його до певної категорії (групи) об'єктів. Кожна категорія об'єктів характеризується своїми середніми показниками імовірності і тяжкістю збитку. Тому для кожної групи можна розрахувати нетто-ставку, визначену на основі загальних значень характеристик ризику, що буде відповідати типовому середньому об'єктові з даної категорії. Такий типовий об'єкт має показниками імовірності і тяжкості збитку, що дорівнюють середнім по групі. Проте типового об'єкту в реальності може не існувати, оскільки середні значення можна отримати в результаті великих відхилень в обидві сторони.

Кожен об'єкт із такої категорії має свої індивідуальні особливості. Деякі з цих особливостей впливають на імовірність настання страхового випадку, або на імовірну величину збитку, або на те й інше одночасно. Фактори, що впливають на вказані параметри, називаються факторами ризику. Розглянемо приклад.

Візьмемо страхування дрібних підприємств на випадок пожежі. Наявність на складі навіть невеликої кількості легкозаймистих речовин істотно збільшує імовірність виникнення пожежі. Встановлення системи пожежної сигналізації знижує ймовірну величину збитку, оскільки чим швидше надійде повідомлення про пожежу, тим швидше почнеться гасіння і тем менше може бути збиток. Таким чином, наявність легкозаймистих речовин та відсутність пожежної сигналізації на об'єкті, що страхується являються факторами ризику. Всі підприємства можна розділити на групи, наприклад, у залежності від роду діяльності. Але навіть серед підприємств одного профілю можна знайти такі, де є запаси допоміжних легкозаймистих речовин або не встановлена пожежна сигналізація. Отже, ступінь ризику для таких підприємств буде вище середнього по групі. Навпаки, якщо зазначених факторів ризику немає, то і ризик страховика при страхуванні такого об'єкту знижується.

Іншими словами, об'єкт, що відноситься до певної групи, може мати характеристики ризику, які будуть відмінними від середніх значень

характеристик ризику в групі, що розглядається. В такому випадку застосування до нього загальної нетто-ставки несправедливо і може мати ряд негативних наслідків для страховика. Такої ситуації можна уникнути, розподіляючи об'єкти, що страхуються, по однорідним категоріям з мінімальним розкидом характеристик ризику. В такій категорії параметри ризику будуть мало відрізнятися від середніх показників у групі. Тому тарифна ставка, розрахована за даними всієї категорії, зможе повністю застосовуватись до всіх об'єктів, що належать до групи.

Згрупувати таким чином об'єкти на практиці буває дуже важко. Крім того в результаті такої вибірки може з'явитися дуже велика кількість груп. Розраховувати та застосовувати таку множину тарифів економічно невигідно або неможливо з причини відсутності необхідних статистичних даних по кожній групі. Тому кожному страховику при тарифікації якого-небудь страхового продукту доводиться шукати компроміс між ступенем однорідності об'єктів у групі та числом груп. Додатковим обмеженням є власні можливості страхової компанії по збору й обробці необхідних даних. [4]

В результаті по кожному страховому продуктові в страховій компанії формується список факторів ризику і категорій об'єктів, які страхуються, відповідні їм тарифні ставки й умови їх застосування. Іншими словами, утвориться тарифікаційна система. Складність цієї системи може бути різною і залежати від об'єктів, які страхуються, їх однорідності та можливостей страховика.

В найбільш загальному вигляді тарифікаційна система виглядає наступним чином. Усі об'єкти, які страхуються поділяються на невелику кількість досить великих категорій. Для кожної категорії розраховується базова тарифна ставка. Крім того, наводиться список усіх факторів ризику, які страховик хоче відобразити у своїй системі. Наявність або відсутність кожного фактора на об'єкті, що страхується, враховується при розрахунку тарифу за допомогою корегуючих коефіцієнтів. Існує багато видів поправочних коефіцієнтів. Вибір необхідного виду коефіцієнту робить страховик при

створенні тарифікаційної системи і залежить від його вибору та характеру фактору ризику.

При підписанні договору страхування перш за все з'ясовується належність об'єкта, що страхуються, до тарифікаційної групи. Відповідно до групи вибирається вихідна (базова) тарифна ставка. Потім відзначається наявність або відсутність на об'єкті факторів ризику, що враховуються. За таблицею знаходять значення коригуючих коефіцієнтів, що відповідають даній ситуації. Знайдені коефіцієнти застосовуються до базової тарифної ставки.

3.3. Побудова моделі

Байєсівські мережі (БМ) - зручний імовірнісний інструмент для опису динаміки і статички процесів різної природи з метою подальшого аналізу особливостей їх функціонування, виявлення причинно- наслідкових зв'язків між змінними, прогнозування поведінки їх подальшого розвитку, розпізнавання ситуацій та образів і т. ін. [2 - 4]. Протягом останнього десятиліття БМ методи знайшли своє належне місце у наборі інструментів інтелектуального аналізу даних різної природи і структури, зокрема високо актуальним є використання таких моделей у страховій галузі, яка потребує для аналізу широкого набору аналітичного інструментарію.

На сучасному етапі розвитку страхового ринку значну частину укладених страхових договорів між страховиками та страхувальниками складають договори страхування життя. Під страхуванням життя прийнято розуміти надання страховиком в обмін на сплату страхових премій гарантії виплати певної суми грошей (страхову суму) страхувальнику або вказаним ним третім особам у разі летального випадку для застрахованого або його дожиття до визначеного віку (терміну). Страхування життя спрямоване на вирішення

комплексу соціально- економічних проблем, які умовно можна об'єднати у дві групи: соціальні та фінансові. Ризик, що аналізується і враховується при страхуванні життя, безпосередньо пов'язаний з тривалістю людського життя. При цьому ризиком є не сам летальний випадок, а власне момент його настання [5].

3.3.1 Мета роботи

Необхідно побудувати модель у формі мережі Байєса (спрямованого ациклічного графа) для оцінювання ймовірності виникнення страхових ризиків та розглянути задачу оцінювання ризику при укладанні договору автострахування. За таким договором страховик зобов'язується здійснити страхову виплату у разі настання страхового випадку для застрахованої особи. Головною задачею при страхуванні автотранспортів є дослідження можливих страхових ризиків, пов'язаних із можливими ризиками щодо водія, його рік народження, стаж водіння, технічні характеристики автомобіля, рік випуску та ін.

За статистичною інформацією скористаємось таблицею ДТП в Великобританії за 2005-2015 рік [6], а також статистичними даними від транспортного департаменту Великобританії. Таблиці містять данні стосовно ДТП серед населення від різних зовнішніх причин, в залежності від регіону і типу місцевості, в якому проживає населення.

3.3.2 Аналіз статистичних даних та виявлення факторів впливу

Згідно згаданих вище таблиць розглядаються такі можливі причини збільшення ціни автострахування: (1) вік водія; (2) стаж водія; (3) стать водія; (4) об'єм двигуна; (5) вік автомобіля; (6) наявність пішохода; (7) демографічні особливості регіону;

Необхідно визначити фактори, які впливають на кількість виникнення випадків ДТП.

3.3.3 Постановка задачі

Дано кінцева кількість прецедентів (об'єктів, ситуацій), по кожному з яких зібрані (виміряні) деякі дані. Дані про прецедент називають також його описом. Сукупність усіх наявних описів прецедентів називається навчальною вибіркою. Потрібно за цими приватним даними виявити загальні залежності, закономірності, взаємозв'язку, властиві не тільки цієї конкретної вибірці, але взагалі всіх прецедентів, в тому числі тим, які ще не спостерігалися. Кажуть також про відновлення залежностей за емпіричними даними - цей термін був введений в роботах Вапніка і Червоненкіса.

Найбільш поширеним способом опису прецедентів є признакова опис. Фіксується сукупність n показників, вимірюваних у всіх прецедентів. Якщо всі n показників числові, то признаковий опису представляють собою числові вектори розмірності n . Можливі й більш складні випадки, коли прецеденти описуються часовими рядами або сигналами, зображеннями, відеорядами, текстами, попарними відносинами подібності або інтенсивності взаємодії, і т.д. Для вирішення завдання навчання по прецедентах в першу чергу фіксується модель відновлюваної залежності. Потім вводиться функціонал якості, значення якого показує, наскільки добре модель описує спостережувані дані. Алгоритм навчання (learning algorithm) шукає такий набір параметрів моделі, при якому функціонал якості на заданій навчальній вибірці приймає оптимальне значення. Процес настройки (fitting) моделі за вибіркою даних в більшості випадків зводиться до застосування чисельних методів оптимізації.

Підхід до завдань навчання - це концепція, парадигма, точка зору на процес навчання, що приводить до набору базових припущень, гіпотез, евристик, на основі яких будується модель, функціонал якості і методи його оптимізації.

3.4. Байєсівський класифікатор

– широкий клас алгоритмів класифікації, заснований на принципі максимуму апостеріорної ймовірності. Для класифіцируемого об'єкта обчислюються функції правдоподібності кожного з класів, по ним обчислюються апостеріорні ймовірності класів. Об'єкт відноситься до того класу, для якого апостериорная ймовірність максимальна.

Байєсівський підхід до класифікації заснований на теоремі, яка стверджує, що якщо щільності розподілу кожного з класів відомі, то шуканий алгоритм можна виписати в явному аналітичному вигляді. Більш того, цей алгоритм оптимальний, тобто володіє мінімальною ймовірністю помилок.

На практиці щільності розподілу класів, як правило, не відомі. Їх доводиться оцінювати (відновлювати) за навчальною вибіркою. В результаті байєсовский алгоритм перестає бути оптимальним, так як відновити щільність по вибірці можна тільки з деякою погрішністю. Чим коротше вибірка, тим вище шанси підігнати розподіл під конкретні дані і зіткнутися з ефектом перенавчання.

Байєсівський підхід до класифікації є одним з найстаріших, але до сих пір зберігає міцні позиції в теорії розпізнавання. Він лежить в основі багатьох досить вдалих алгоритмів класифікації.

До числа байєсовских методів класифікації відносяться:

- Наївний байєсовский класифікатор
- Лінійний дискриминант Фішера
- квадратичний дискриминант
- Метод парзеновского вікна
- Метод радіальних базисних функцій (RBF)
- Логістична регресія

Нехай X - безліч описів об'єктів, Y - безліч номерів (або найменувань) класів. На безлічі пар «об'єкт, клас» $X \times Y$ визначена ймовірнісна міра P . Є кінцева навчальна вибірка незалежних спостережень

$$X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$$

, отриманих згідно ймовірнісної мірою P .

Завдання класифікації полягає в тому, щоб побудувати алгоритм $a: X \rightarrow Y$, здатний класифікувати довільний об'єкт $x \in X$.

У байєсівській теорії класифікації ця задача поділяється на дві.

- Побудова оптимального класифікатора при відомих щільності класів. Ця підзадача має просте і остаточне рішення.
- Відновлення щільності класів за навчальною вибіркою. У цій підзадачі зосереджена основна складність байєсівського підходу до класифікації.

3.4.1. Побудова класифікатора при відомих щільності класів

Нехай для кожного класу $y \in Y$ відома апіорна ймовірність $P(y)$ того, що з'явиться об'єкт класу y , і щільності розподілу $P_{y(x)}$ кожного з класів, звані також функціями правдоподібності класів. Потрібно побудувати алгоритм класифікації $a(x)$, який доставляє мінімальне значення функціоналу середнього ризику.

Середній ризик определяється як математичне очікування помилки:

$$R(a) = \sum_{y \in Y} \sum_{s \in Y} \lambda_y P_y P_{(x,y)} \{a(x) = s | y\},$$

λ_y - ціна помилки або штраф за віднесення об'єкта класу y до якого-небудь іншого класу.

Теорема. Рішенням цього завдання є алгоритм

$$a(x) = \arg \max_{y \in Y} \lambda_y P_y p_y(x).$$

Значення

$$P\{y|x\} = P_y p_y(x)$$

інтерпретується як апостериорна ймовірність того, що об'єкт x належить класу y . Якщо класи рівнозначні,

$$\lambda_y P_y = \text{const}(y)$$

то об'єкт x просто відноситься до класу з максимальним значенням щільності розподілу в точці x .

3.5. Логістична регресія

- окремий випадок узагальненої лінійної регресії. Передбачається, що залежна змінна приймає два значення і має біноміальний розподіл. На практиці логістична регресія використовується для вирішення задач класифікації з лінійно-розділюються класами.

Задана вибірка - безліч m пар $\{X_i; Y_i\}$ в яких опис i -го $X_i \in R$, і значення залежної змінної $y \in \{0, 1\}$.

Прийнята модель логістичної регресії, згідно з якою вільні змінні $\{x\}$ і залежна змінна $\{y\}$ пов'язані залежністю

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-z)} + \varepsilon = \text{logit}^{-1}(z) + \varepsilon$$

де

$$z = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j x_j$$

Потрібно знайти таке значення вектора $\{b\}$, яке б приносило мінімум нормі вектора нев'язок

$$S = \|y - p\|^2 = \sum_{i=1}^m (y_i - p_i)^2.$$

Оптимальні параметри відшукуються послідовно за допомогою ітераційного методу найменших квадратів з використанням зважування елементів вибірки. Наведений нижче алгоритм заснований на алгоритмі Ньютона-Рафсона.

На початку роботи алгоритму задаються параметри початкового наближення: скаляр

$$b_0 = \log \frac{\tilde{y}}{1 - \tilde{y}} \quad \tilde{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i$$

середнє значення вибірки залежною змінною і значення $b_j = 0$ для $j = 1, \dots, n$. Далі ітеративно повторюється наступна процедура.

1. С використанням вектора параметрів b вираховується змінна

$$z = Xb$$

2. Вираховується відновлене значення вибірки залежної змінної

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-z)}.$$

1. Вираховується вектор значень залежної змінної для поточного кроку лінійної регресії

$$u = z + \frac{y - p}{w}$$

де

$w = p(1 - p)$ - вектор ваг значень залежної змінної.

1. Розв'язується задача найменших квадратів з вагуванням елементів вибірки. При цьому більші ваги набувають ті елементи, які

имеют большую невязку

$$b = (X^T W X)^{-1} X^T W u,$$

где диагональная матрица весов

$$W = \text{diag}(w)$$

Процедура останавливается после того, как норма разности векторов параметров на каждой итерации не будет превышать заданную константу:

$$|b^{\text{next}} - b^{\text{previous}}|^2 \leq \Delta_b$$

3.6. Наївний байєсівський класифікатор

Наївний байєсівський класифікатор (naïve Bayes) - спеціальний окремий випадок байєсівський класифікатора, заснований з розширеного припущення, що об'єкти $x \in X$ описуються n статистично незалежними ознаками:

$$x \equiv (\xi_1, \dots, \xi_n) \equiv (f_1(x), \dots, f_n(x))$$

Припущення про незалежність означає, що функції правдоподібності класів представимо у вигляді:

$$p_y(x) = p_{y1}(\xi_1) * \dots * p_{yn}(\xi_n)$$

где $p_{yn}(\xi_n)$ - щільність розподілу значень n -ї ознаки для класу y

Припущення про незалежність істотно спрощує завдання, тому що оцінити n одновимірних щільностей набагато легше, ніж одну n -мірну щільність. На жаль, воно вкрай рідко виконується на практиці, звідси і назва методу. Наївний байєсовський класифікатор може бути як параметричних, так і непараметрическим, в залежності від того, яким методом відновлюються одновимірні щільності.

Основні переваги наївного байєсівського класифікатора - простота реалізації і низькі обчислювальні витрати при навчанні та класифікації. У тих рідкісних випадках, коли ознаки дійсно незалежні (або майже незалежні), наївний байєсовський класифікатор (майже) оптимальний.

Основний його недолік - відносно низька якість класифікації в більшості реальних задач.

Найчастіше він використовується або як примітивний еталон для порівняння різних моделей алгоритмів, або як елементарний будівельний блок в алгоритмічних композиціях.

3.7 Результати

	Пол	Возраст	Объем двигателя	Стаж	Авария
1	34	1563	7	1	
1	48	1170	16	1	
1	22	750	1	1	
1	49	2980	4	1	
1	38	1686	14	1	
1	20	1396	2	1	
2	23	1895	1	1	
1	33	1020	9	1	
1	23	2337	2	1	
1	35	1998	5	1	
1	16	49	2	1	
1	32	1896	9	1	
2	21	1196	2	1	
1	39	1625	2	1	
2	23	1251	2	1	
1	36	1124	15	1	
1	34	1595	14	1	

	Пол	Возраст	Объем двигателя	Стаж	Авария	Регрессия	Авария Байес
1	28	1121	10	0	1		
1	48	1340	5	0	0		
2	42	764	3	0	1		
2	67	874	4	0	1		
1	65	2015	6	0	0		
2	49	1873	4	0	0		
1	32	858	11	0	0		
1	78	1924	8	0	0		
1	80	1332	12	0	0		
2	19	2277	2	0	0		
1	52	788	20	0	0		
2	62	838	35	1	0		
1	29	1399	10	0	1		
2	29	2778	5	0	0		
1	31	2122	9	0	1		
1	31	1712	8	0	1		
2	49	1748	7	0	0		

Рис. Результат обчислень

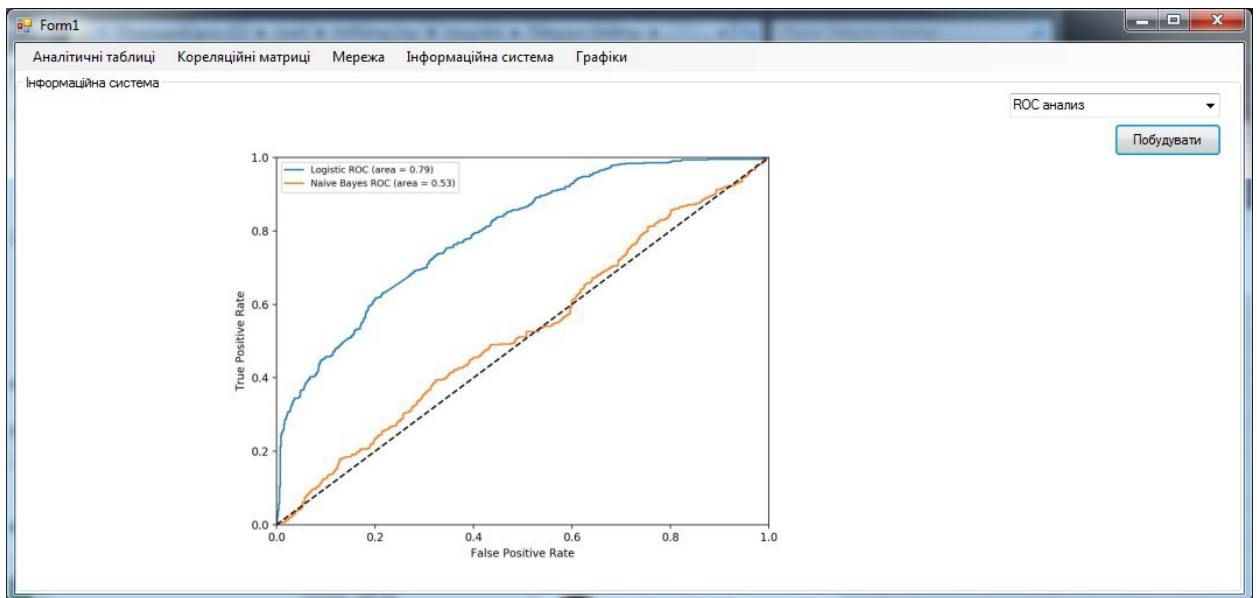


Рис. Оцінка ROC аналіз

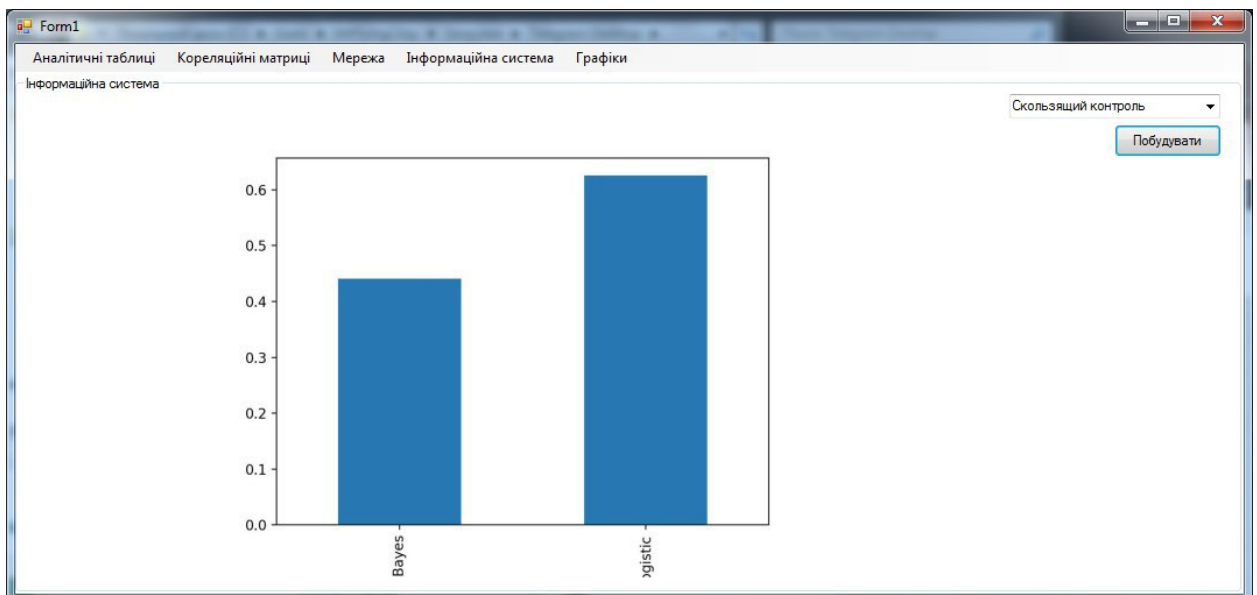


Рис. Оцінка ковзного контролю

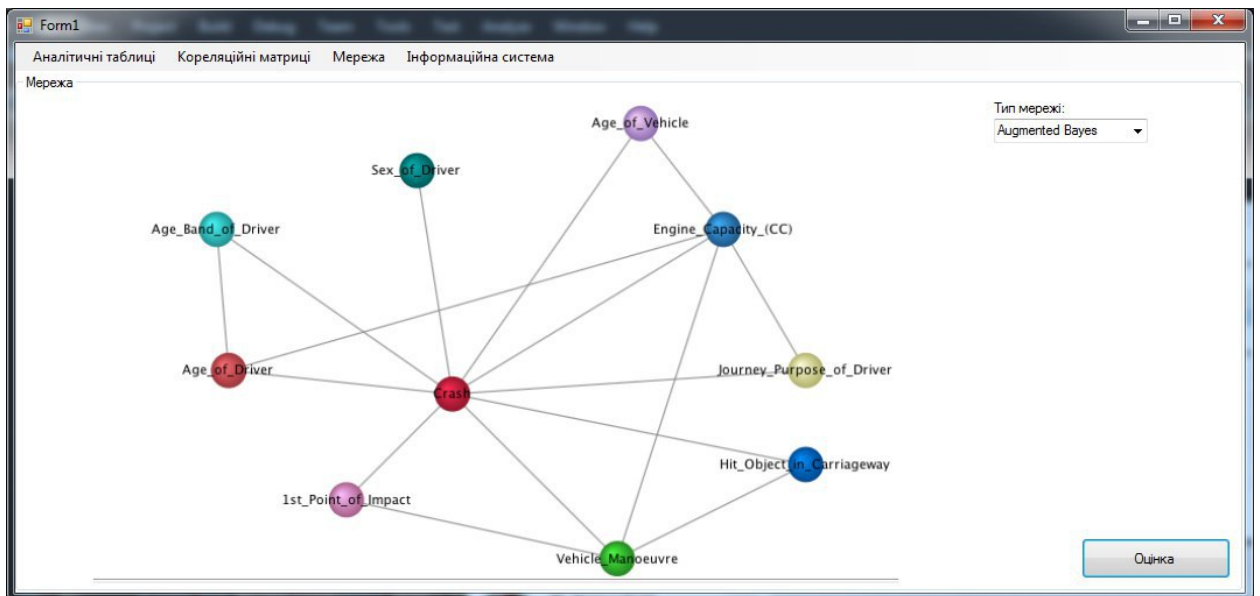


Рис. Мережа Байєса побудована в ПП.

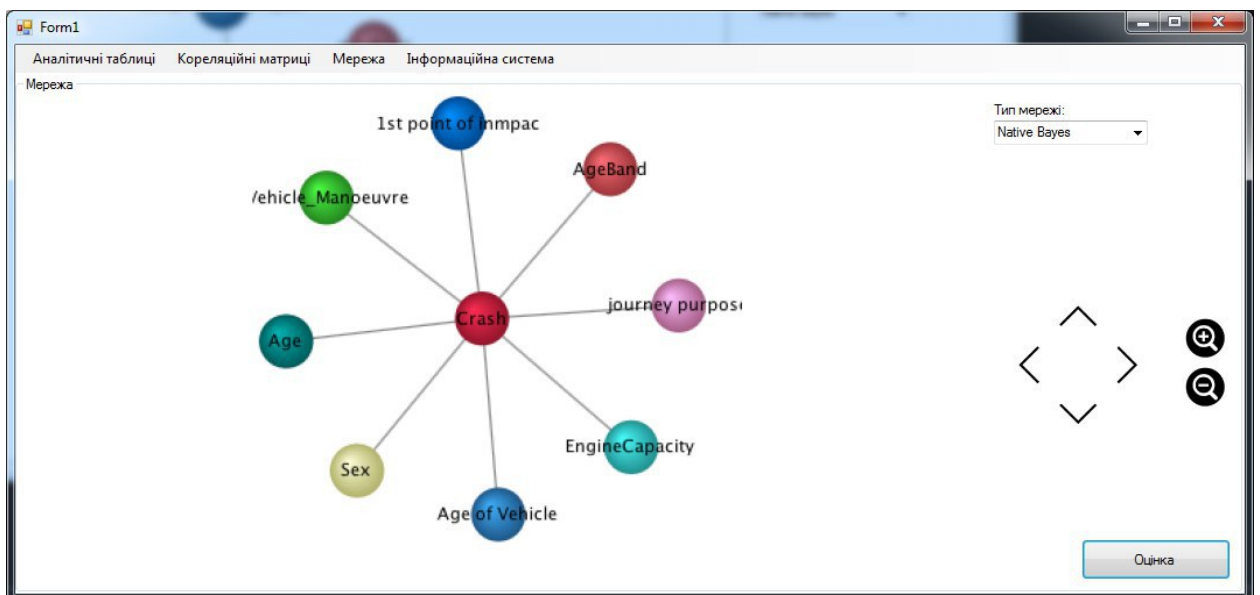


Рис. Мережа Байєса (Наївний Байєс)

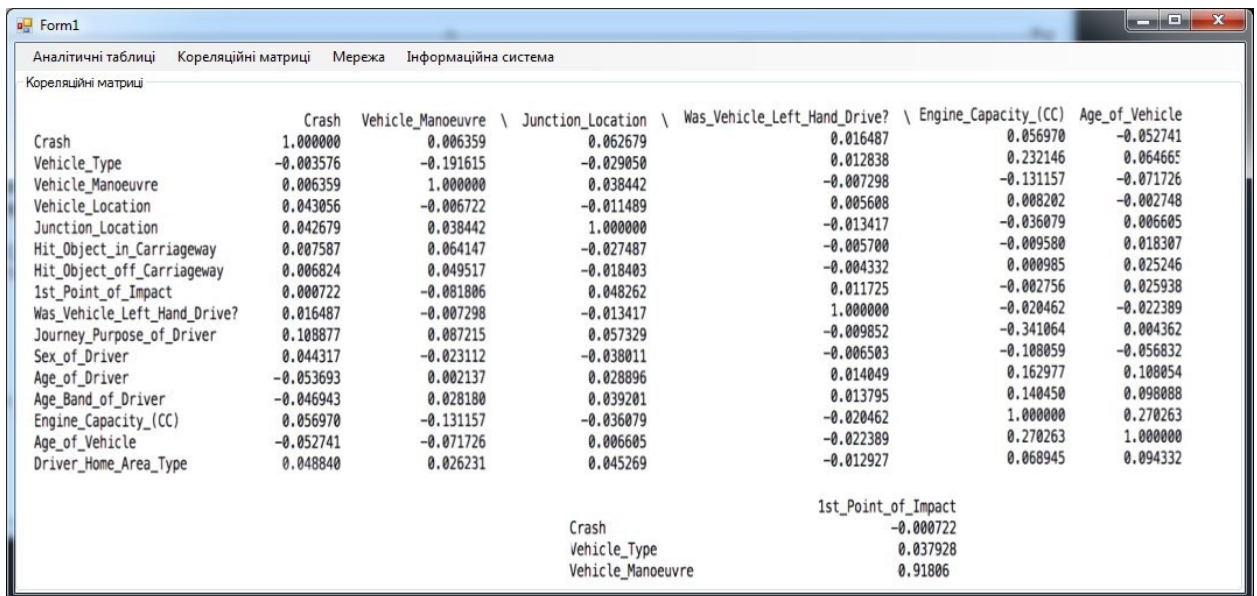


Рис. Кореляційна Матриця



Рис. Залежність віку та віку автомобіля

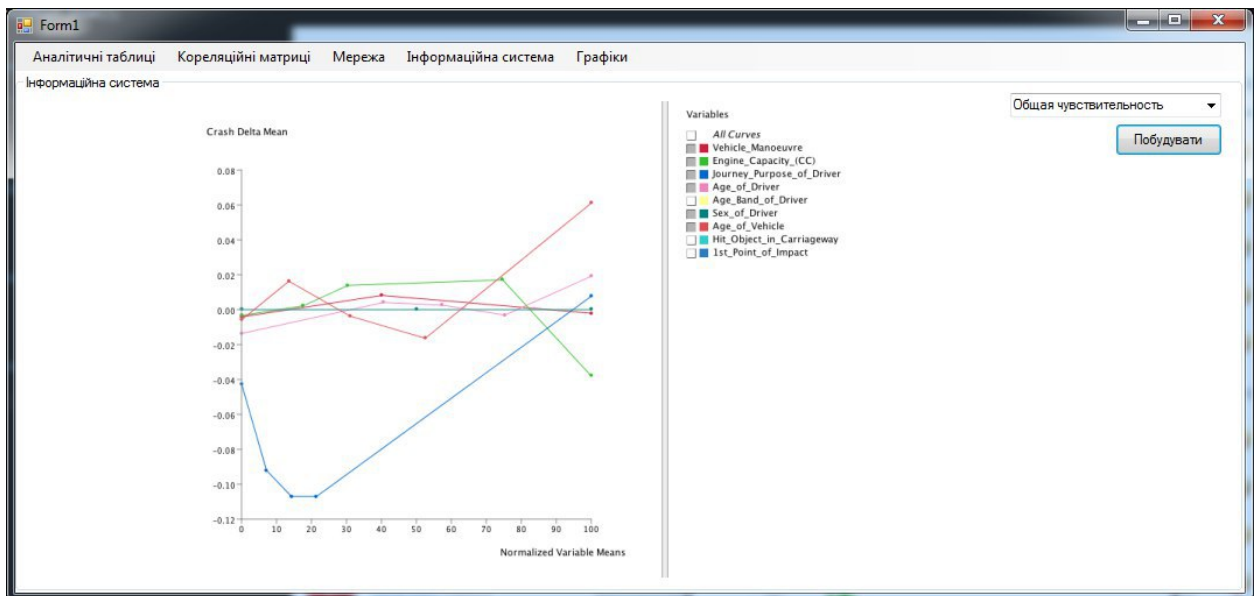


Рис. Загальна чутливість

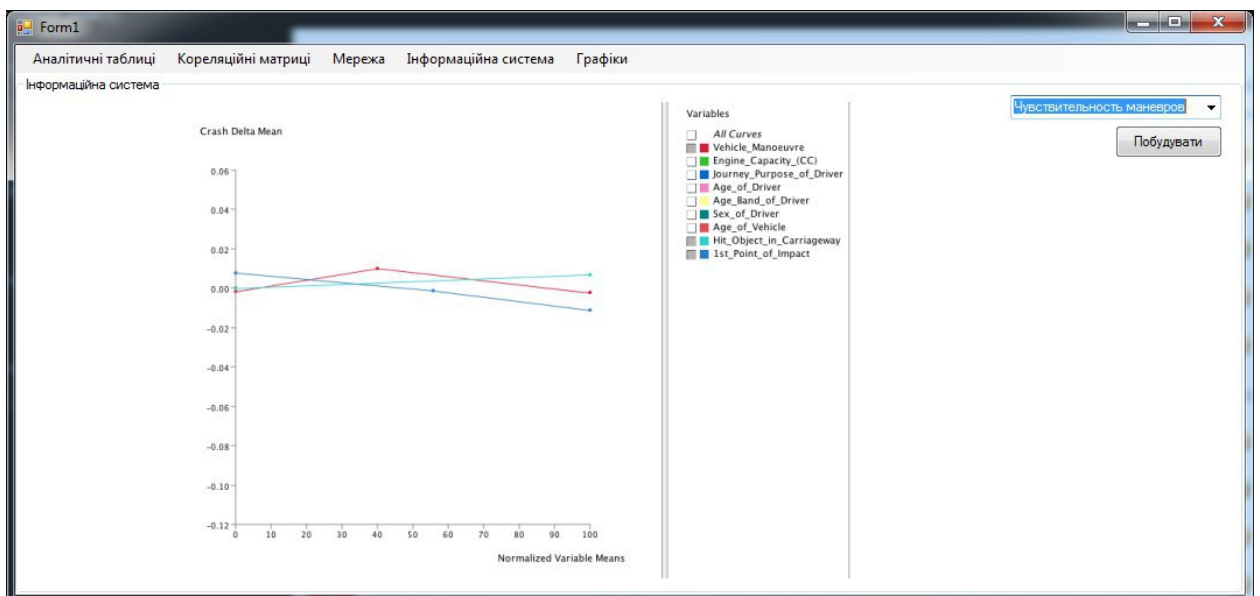


Рис. Залежність руху автомобіля

Form1

Аналітичні таблиці Кореляційні матриці Мережа Інформаційна система Графіки

Інформаційна система

Пол: Возраст: Стаж:

Город: Объем двигателя:

Кэф. стаж + возраст: Кэф. объем:

Кэф. город: Кэф. пол:

Стоимость авто: Год выпуска:

Стоимость франшизы:

Стоимость страховки без франшизы: Стоимость страховки с франшизой:

Рис. Інформаційна система

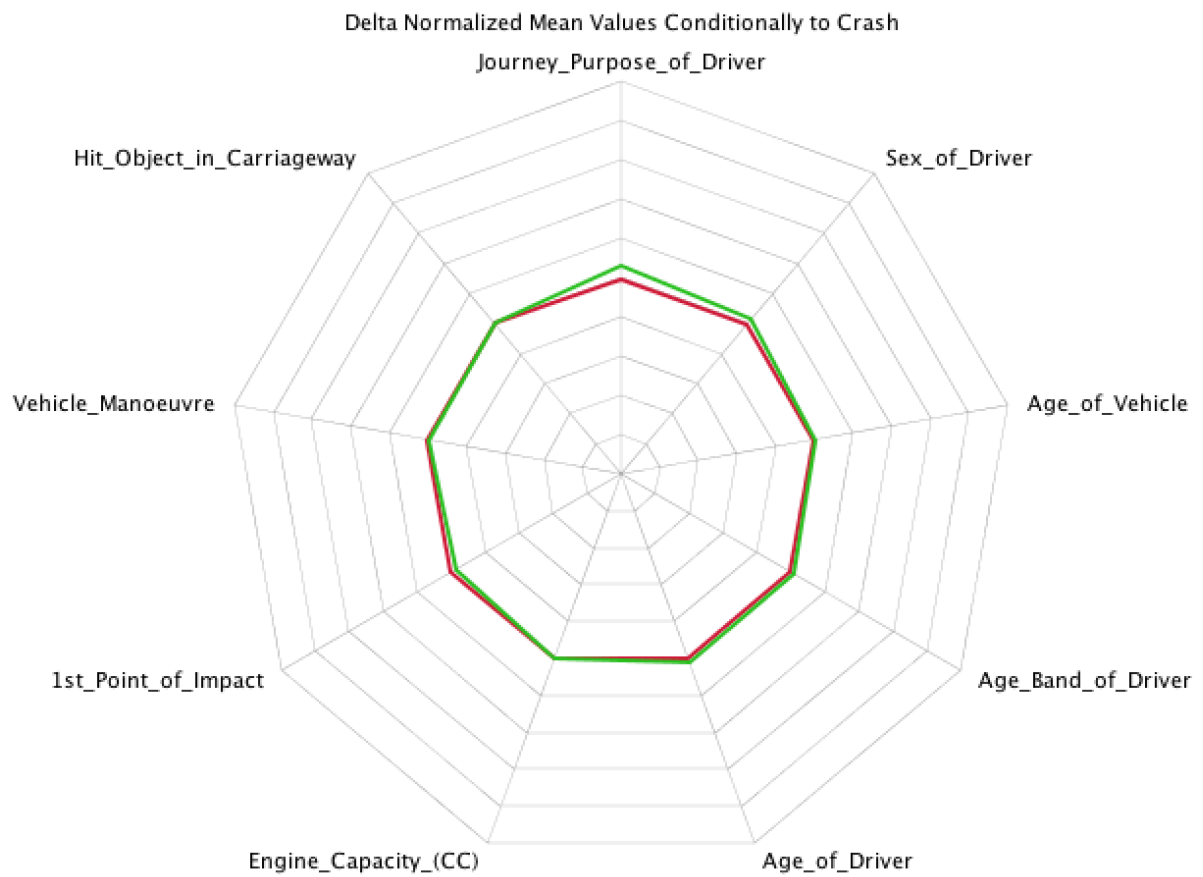


Рис. Чутливість параметрів Baysian Lab

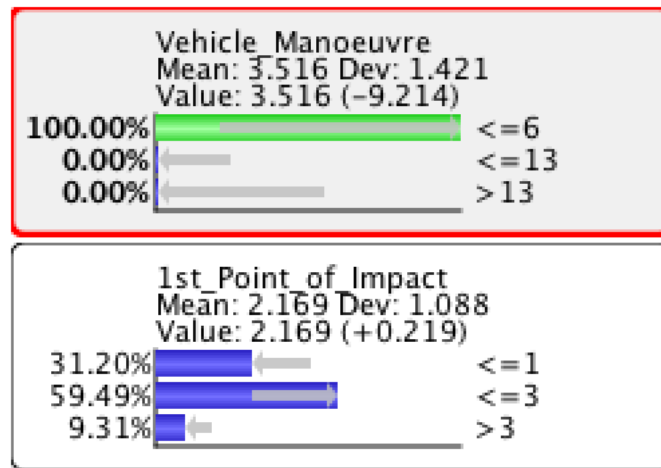


Рис. Залежність параметрів “Рух Автомобіля” та “Частина першого контакту”.

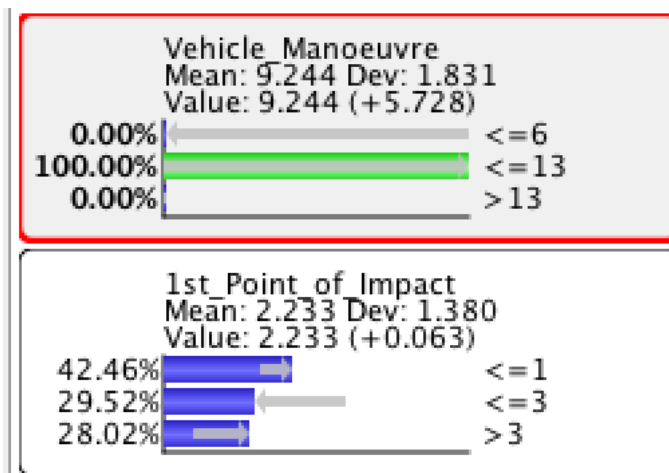


Рис. Залежність параметрів “Рух Автомобіля” та “Частина першого контакту”.

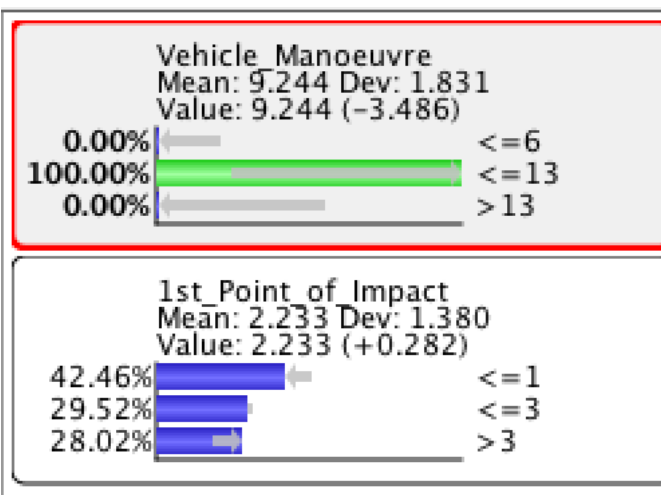
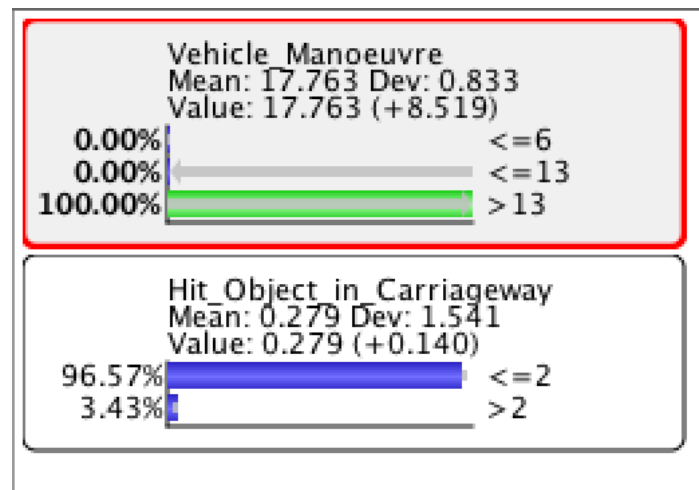
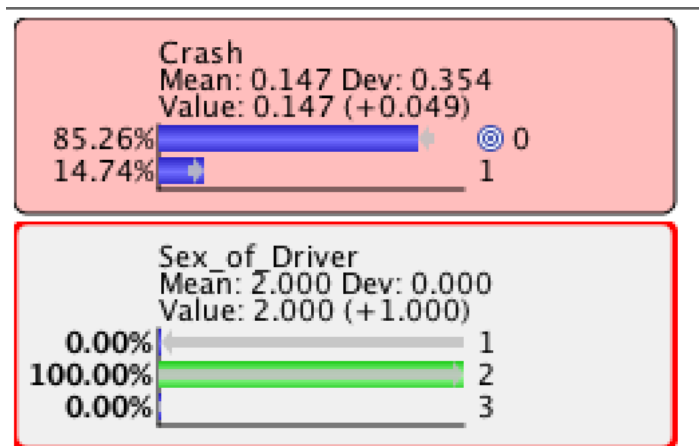


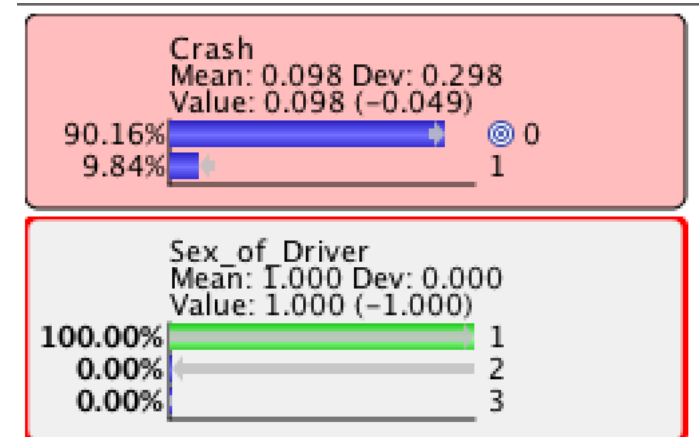
Рис. Залежність параметрів “Рух Автомобіля” та “Частина першого контакту”.



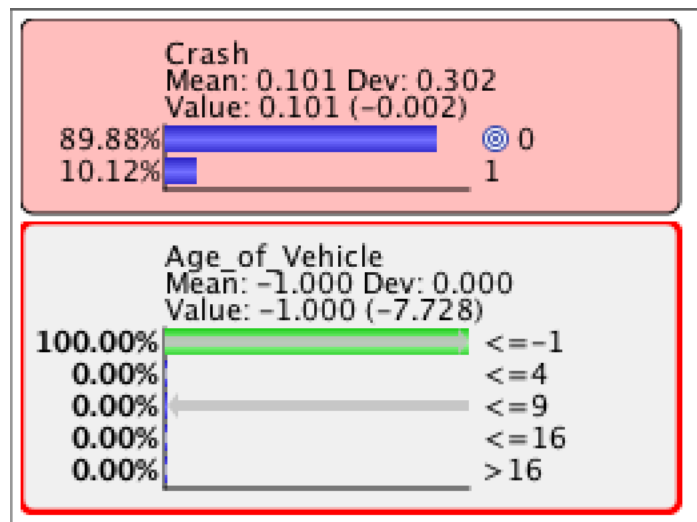
Залежність параметрів “Рух Автомобіля” та “Попадання в об’єкти”.



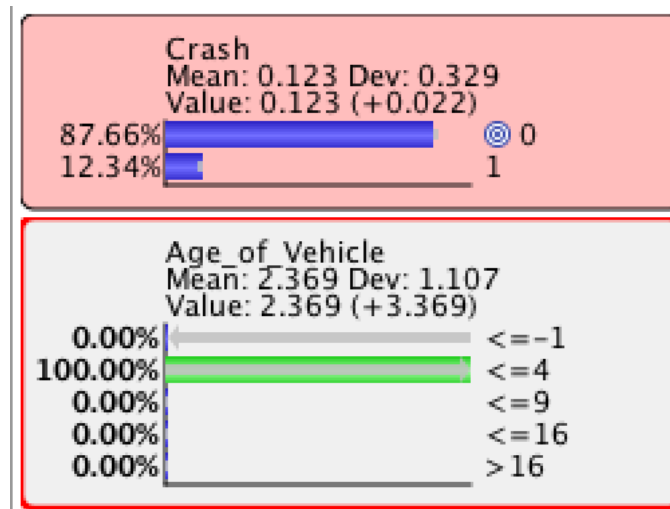
Залежність “Аварій” від “Статті водія”



Залежність “Аварій” від “Статті водія”



Залежність “Аварій” від “Віку автомобіля”



Залежність “Аварій” від “Віку автомобіля”

4. СТАРТАП ПРОЕКТ

4.1 Опис ідеї проекту

Ідея та реалізація стартап проекту зображена в табл. 5.1 – 5.23

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система підтримки прийняття рішень в сфері інвестування	Надання допомоги ОПР у прийнятті рішень при інвестуванні	Отримання допомоги у прийнятті рішень при інвестуванні

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	СППР SAS	СППР Oracle			
1.	Ціна	Низька	Висока	Висока			+
2.	Ефективність	Висока	Висока	Висока		+	
3.	Функціонал	Вузький	Широкій	Широкій	+		

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.		C++	Наявна	Доступна

2.	Розробка ПЗ, а саме СППР в сфері інвестування.	Python	Наявна	Недоступна
3.		QT	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: QT				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	2
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	7500000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність великих гравців у сфері
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	40%

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба в автоматизованій СППР у сфері інвестування	Фізичні особи та невеликі компанії, зацікавлені в інвестуванні	Необхідність невисокої ціни продукту	Вимоги до точності та ефективності роботи СППР

2.		Великі компанії, зацікавлені в інвестуванні	-	
----	--	---	---	--

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Новий продукт	Потенційні користувачі з підозрою ставляться до нових продуктів	Поширення рекламної кампанії

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба у недорогому продукті	Потреба фізичних осіб та невеликих компаній у недорогій СППР у сфері інвестування	Задоволення потреба фізичних осіб та невеликих компаній у недорогій СППР у сфері інвестування

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: олігополія	У сфері домінує невелика кількість компаній	Поширення рекламної кампанії

2. За рівнем конкурентної боротьби: міжнаціональний	Наявна міжнаціональна конкуренція	-
3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Наявна конкуренція в рамках одної галузі	-
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Наявна конкуренція між схожими продуктами	-
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Наявна конкуренція завдяки підвищенню якості та надійності продукції	Можливість вийти на ринок з недорогим продуктом

Таблиця 5.9 – Продовження

6. За інтенсивністю: не марочна	Наявна конкуренція, де роль торгової марки незначна	-
---------------------------------	---	---

Таблиця 5.10 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	СППР SAS СППР Oracle	Доступ до каналів розподілу	-	Розмір закупівель, контроль якості	Ціна
Висновки	Висока інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливості входу в ринок. Потенційних конкурентів немає.	Постачальники не диктують умови роботи на ринку.	Клієнти диктують високі критерії якості продуктів.	-

Таблиця 5.11 – Обґрунтування факторів конкурентноспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ціна	Ціна запропонованого продукту значно нижче ніж ціни конкуруючих, це значно поширює потенційну клієнтську базу
2.	Ефективність	Результати використання продукту в умовах стохастичної невизначеності є сумірними або кращими за результати конкуруючих продуктів
3.	Поріг входження	Так як у сфері тип конкуренції є олігополією, достатньо складно вивести новий невідомий невеликий продукт на ринок

Таблиця 5.12 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з запропонованою СППР						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	15	+						
2.	Ефективність	18			+				
3.	Поріг входження	10							+

Таблиця 5.13 – SWOT аналіз стартап проекту

Сильні сторони: Ціна продукту Ефективність продукту	Слабкі сторони: Невідомість продукту
Можливості: Охоплення аудиторії, що не може дозволити дорогі інтелектуальні комплекси Впровадження інноваційних методів підрахунку ризиків	Загрози: Можлива незацікавленість продуктом через його невідомість та невеликість

Таблиця 5.14 – Альтернативи ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
----------	--	--------------------------------------	----------------------

1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	Велика	3-5 місяців
----	---	--------	-------------

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 5.15 – Вибір цільових груп потенційних клієнтів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Фізичні особи та невеликі компанії, зацікавлені в інвестуванні	Значна готовність	Високий	Низька	Середня
2.	Великі компанії, зацікавлені в інвестуванні	Незначна готовність	Низький	Висока	Висока
Які цільові групи обрано:					

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	За рахунок потреби в дешевому продукті	Ціна	Стратегія спеціалізації

Таблиця 5.17 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Так	Шукати нових споживачів	Буде розроблений продукт зі схожим функціоналом, але іншою методологією	Стратегія заняття конкурентної ніші.

Таблиця 5.18 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Вибір асоціацій, які мають сформулювати
-------	-------------------------------------	---------------------------	-------------------------------------	---

			власного стартап-проекту	комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Необхідність невисокої ціни продукту, точності та ефективності роботи СППР	Стратегія спеціалізації	Ціна та ефективність	Низька ціна Висока ефективність Простота у використанні

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту

Таблиця 5.19 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Потреба в недорогому продукті	Пропонує недорогий продукт	Ціна товару нижче ніж ціна товару конкурентів
2.	Потреба в ефективному продукті	Пропонує ефективний продукт	Ефективність товару вище ніж ефективність товару конкурентів

Таблиця 5.20 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
--------------	----------------------

I. Товар за задумом	Недорога СППР у сфері інвестування в умовах стохастичної невизначеності		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристик и	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Мультиплатформенність 2. Зручний інтуїтивний інтерейс	-	-
	Якість: стандарти ефектиності		
	Пакування: електронне розповсюдження		
	Марка: IDAV InvestStoch		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: -		
	Після продажу: технічна підтримка		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності			

Таблиця 5.21 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	-	7500000-54000000 грн.	25000+ грн.	8000-18000 грн.

Таблиця 5.22 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля через інтернет	Підтримка нормального функціонування сайту	0	Електронне розповсюдження

Таблиця 5.23 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
-------	---------------------------------------	--	--	----------------------------------	--------------------------------

1.	Потреба в недорогому та ефективном у продукті	Інтернет- мережі	Низька ціна Висока ефективніст ь Простота у використанн і	Провести якісну маркетингов у кампанію	Донести специфіку продукту
----	---	---------------------	---	---	----------------------------------

Висновки до розділу

Є можливість ринкової комерціалізації проекту (наявний попит, наявна динаміка ринку, наявна рентабельність роботи на ринку). Є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентноспроможність проекту. Доцільно обрати альтернативу розробки програмного забезпечення та грамотної маркетингової програми для ринкової реалізації проекту. Подальша імплементація проекту є доцільною.

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто типи актуарних ризиків та особливості їх класифікації за допомогою машинного навчання, досліджено відмінні риси автострахування. Основний акцент роботи зроблено на дослідження існуючих методологій та методів оцінювання актуарних ризиків та їх застосування на практиці та в навчанні машин.

Згідно поставленої мети роботи, було виконано наступні задачі:

- проведено аналіз існуючих традиційних методик прогнозування актуарних ризиків.
- огляд основних підходів до моделювання актуарних ризиків, розглянуто та проаналізовано методи байєсівської класифікації.;
- створено інформаційну-аналітичну систему для моделювання, аналізу та прогнозування ризиків у сфері автострахування на базі логістичної регресії та наївного байєсівського класифікатора для подальшої обробки та тарифікації ціни автострахування.
- було проаналізовано результати моделювання та оцінювання за допомогою ROC – кривих та методу перехрестної перевірки за-для обґрунтованого вибору найкращої моделі для оцінки актуарних.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бидюк П. И. Построение и методы обучения Байесовских сетей / П. И. Бидюк, А. Н. Терентьев, А. С. Гасанов // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – 4. – С. 133–147.
2. Терентьев А. Н. Методы построения Байесовских сетей / А. Н. Терентьев, П. И. Бидюк // Адаптивные системы автоматического управления (межведомственный научно-технический сборник). – 2005. – 8. – С. 130–141.
3. Терентьев А. Н. Эвристический метод построения Байесовских сетей/ А. Н. Терентьев, П. И. Бидюк // Математические машины и системы. – 2006. – 3. – С. 12–23
4. Державний Комітет Статистики України. Експрес-інформація No 331 від 14.11.2005. Смертність населення України від зовнішніх причин смерті у січні – вересні 2005 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
5. Згуровский М.З., Терентьев А.М., Бидюк П.И. Методы построения байесовских сетей на основе оценочных функций // Кибернетика и системный анализ. — 2008. — No 2. — С. 81—88
6. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: Учеб. пособие / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталева; под. ред. Б.А. Лагоши. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 176 с
7. Актуарная математика: Пер. с англ. под ред. В. К. Малиновского / Н. Бауэрс, Х. Гербер, Д. Джонс и др. — М.: Янус-К, 2001.
8. Голубин А.Ю. Математические модели в теории страхования: построение и оптимизация. — М.: Анкил, 2003. — 160 с.
9. Аналіз ефективності функціонування мереж Байєса / Бідюк П.І., Литвиненко В.І., Кроптя / с 1-4.
10. Основи актуарних розрахунків / А.В.Кінаш О.М., Сороківський В.М., Папка (Сороківська)М.В. / Навчально-методичний посібник / с.

3-12.

11. Оцінювання страхових ризиків за математичними моделями у формі мереж Байєса / Боярова К. І. , Бідюк П.І. , Вусатюк А.М. / с 1-4.

12. Методи оцінювання операційних ризиків страхового шахрайства / Кожухівська О.А

Актуальність

- Гостра необхідність у створенні нових методів розв'язання прикладних задач у ризик-менеджменті
- Побудова адекватних математичних моделей актуарних процесів і відповідних ризиків.
- Прогнозування подальшого розвитку актуарних процесів та мінімізація ризиків

Постановка задачі

1. Виконати огляд сучасних методів обчислення актуарних ризиків і вибрати методи для реалізації

2. Зібрати статистичні дані для обчислювальних експериментів

3. Розробка програмного продукту для обробки даних , спроектувати алгоритм навчання системи для виявлення загальних закономірностей, побудова Байєсівської мережі

4.Зробити аналіз отриманих результатів, визначити можливі перспективи подальших досліджень.

Об'єкт, предмет та мета дослідження

- Об'єкт дослідження - ризики у сфері автомобільного страхування
- Предмет дослідження - методи побудови алгоритмів здатних навчатися
- Мета роботи - розробити інформаційно аналітичну систему , яка на основі байєсівського класифікатора буде розпізнавати ризики ДТП.

Моделі, використані в ІАС

- Логістична регресія

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-z)} + \varepsilon = \text{logit}^{-1}(z) + \varepsilon$$

$$z = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j x_j$$

- Наївний байєсівський класифікатор

$$\mathbf{x} \equiv (\xi_1, \dots, \xi_n) \equiv (f_1(\mathbf{x}), \dots, f_n(\mathbf{x}))$$

Припущення про незалежність означає, що функції правдоподібності класів представимо у вигляді:

$$p_y(\mathbf{x}) = p_{y1}(\xi_1) * \dots * p_{yn}(\xi_n)$$

где $p_{yn}(\xi_n)$ - щільність розподілу значень n-ї ознаки для класу y

Алгоритм обчислення

- Початкове наближення $b_0 = \log \frac{\tilde{y}}{1 - \tilde{y}}$ $\tilde{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i$

- Обчислення:

$$z = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j x_j$$

- Обчислення відновленого значення виборки:

$$y = \frac{1}{1 + \exp(-z)} + \varepsilon = \text{logit}^{-1}(z) + \varepsilon$$

- Обчислення вектора значень залежної змінної

$$u = z + \frac{y - p}{w}$$

$$w = p(1 - p)$$

- Оцінка параметрів моделі за допомогою IRLS

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{u}, \quad \mathbf{W} = \text{diag}(\mathbf{w})$$

- Вихід

$$|b_{\text{next}} - b_{\text{previous}}|^2 \leq \Delta_b$$

Результати обчислення

Form1

Аналітичні таблиці Кореляційні матриці Мережа Інформаційна система Графіки

Аналітичні таблиці

	Пол	Возраст	Объем двигателя	Стаж	Авария
1	34	1563	7	1	
1	48	1170	16	1	
1	22	750	1	1	
1	49	2980	4	1	
1	38	1686	14	1	
1	20	1396	2	1	
2	23	1895	1	1	
1	33	1020	9	1	
1	23	2337	2	1	
1	35	1998	5	1	
1	16	49	2	1	
1	32	1896	9	1	
2	21	1196	2	1	
1	39	1625	2	1	
2	23	1251	2	1	
1	36	1124	15	1	
1	34	1595	14	1	

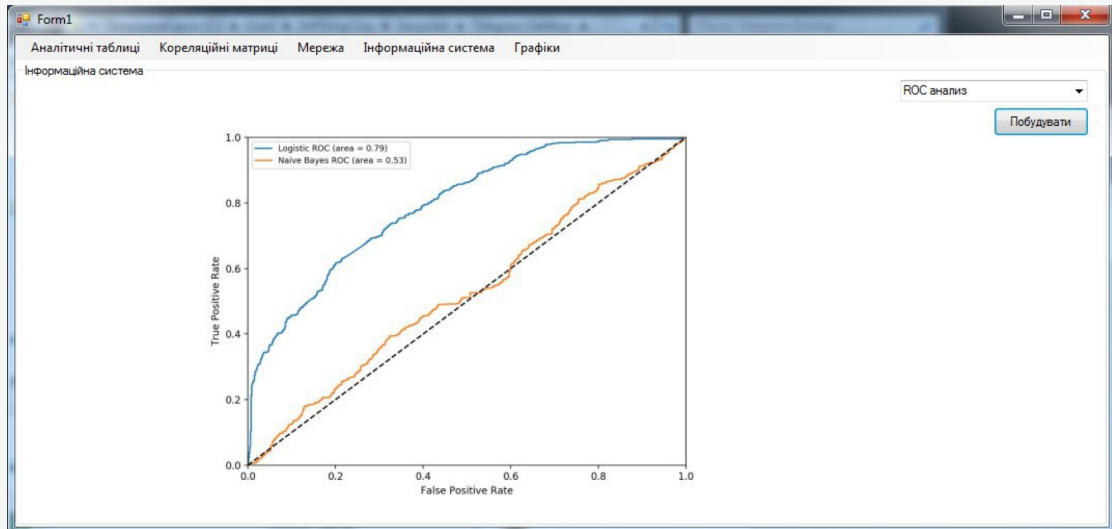
	Пол	Возраст	Объем двигателя	Стаж	Авария	Регрессия	Авария Байес
1	28	1121	10	0	1		
1	48	1340	5	0	0		
2	42	764	3	0	1		
2	67	874	4	0	1		
1	65	2015	6	0	0		
2	49	1873	4	0	0		
1	32	858	11	0	0		
1	78	1924	8	0	0		
1	80	1332	12	0	0		
2	19	2277	2	0	0		
1	52	788	20	0	0		
2	62	838	35	1	0		
1	29	1399	10	0	1		
2	29	2778	5	0	0		
1	31	2122	9	0	1		
1	31	1712	8	0	1		
2	49	1748	7	0	0		

Оцінка якості



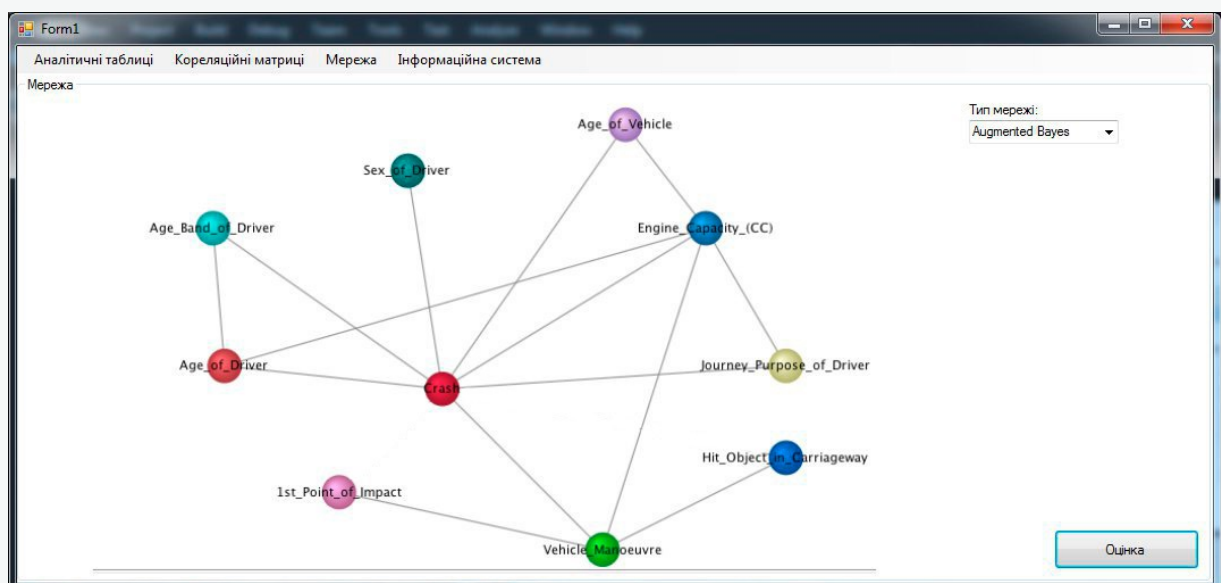
Ковзний контроль

Оцінка якості

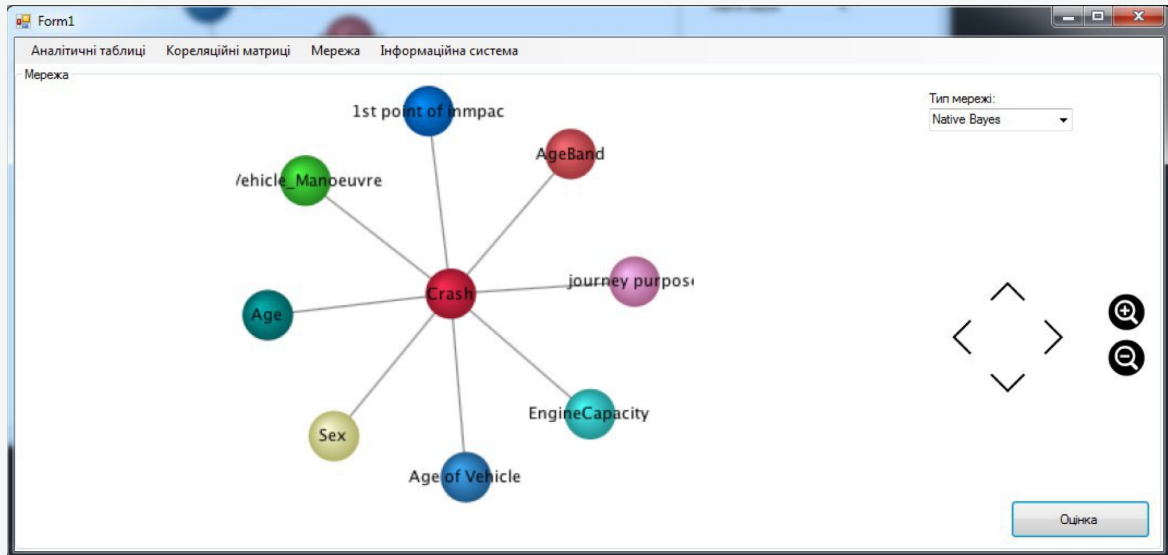


ROC аналіз (крива помилок)

Мережі Байєса



Мережі Байєса



Кореляційна матриця

Form1

Аналітичні таблиці Кореляційні матриці Мережа Інформаційна система

Кореляційні матриці

	Crash	Vehicle_Manoeuvre	Junction_Location	Was_Vehicle_Left_Hand_Drive?	Engine_Capacity_(CC)	Age_of_Vehicle
Crash	1.000000	0.006359	0.062679	0.016487	0.056970	-0.052741
Vehicle_Type	-0.003576	-0.191615	-0.029050	0.012838	0.232146	0.064665
Vehicle_Manoeuvre	0.006359	1.000000	0.038442	-0.007298	-0.131157	-0.071726
Vehicle_Location	0.043056	-0.006722	-0.011489	0.005608	0.008202	-0.002748
Junction_Location	0.042679	0.038442	1.000000	-0.013417	-0.036079	0.006605
Hit_Object_in_Carriageway	0.007587	0.064147	-0.027487	-0.005700	-0.009580	0.018307
Hit_Object_off_Carriageway	0.006824	0.049517	-0.018403	-0.004332	0.000985	0.025246
1st_Point_of_Impact	0.000722	-0.001806	0.048262	0.011725	-0.002756	0.025938
Was_Vehicle_Left_Hand_Drive?	0.016487	-0.007298	-0.013417	1.000000	-0.020462	-0.022389
Journey_Purpose_of_Driver	0.108877	0.007215	0.057329	-0.009852	-0.341064	0.004362
Sex_of_Driver	0.044317	-0.023112	-0.038011	-0.006503	-0.108059	-0.056832
Age_of_Driver	-0.053693	0.002137	0.028896	0.014049	0.162977	0.108054
Age_Band_of_Driver	-0.046943	0.028180	0.039201	0.013795	0.140450	0.090888
Engine_Capacity_(CC)	0.056970	-0.131157	-0.036079	-0.020462	1.000000	0.270263
Age_of_Vehicle	-0.052741	-0.071726	0.006605	-0.022389	0.270263	1.000000
Driver_Home_Area_Type	0.048840	0.026231	0.045269	-0.012927	0.068945	0.094332

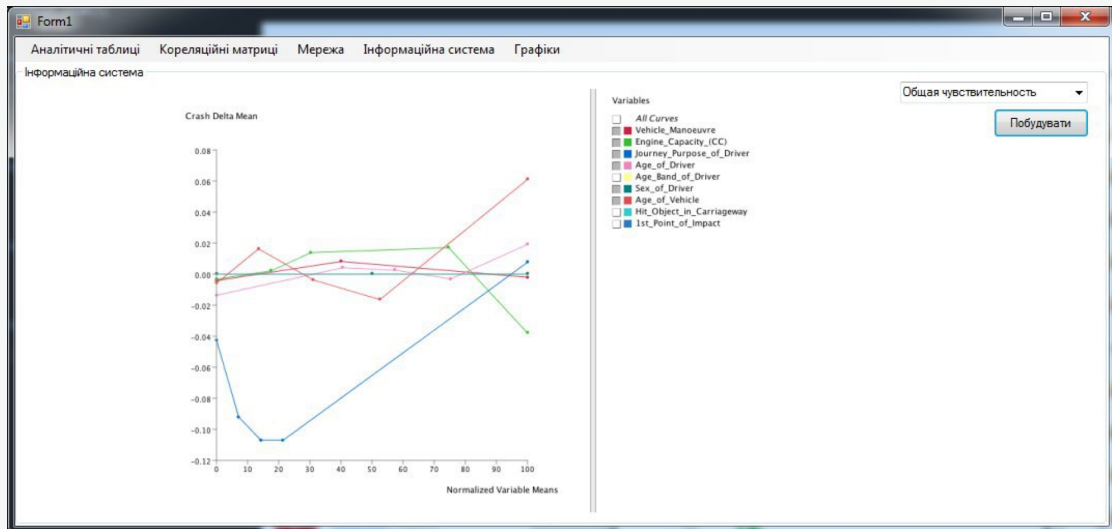
1st_Point_of_Impact

Crash -0.000722

Vehicle_Type 0.037928

Vehicle_Manoeuvre 0.91806

Чутливість характеристик

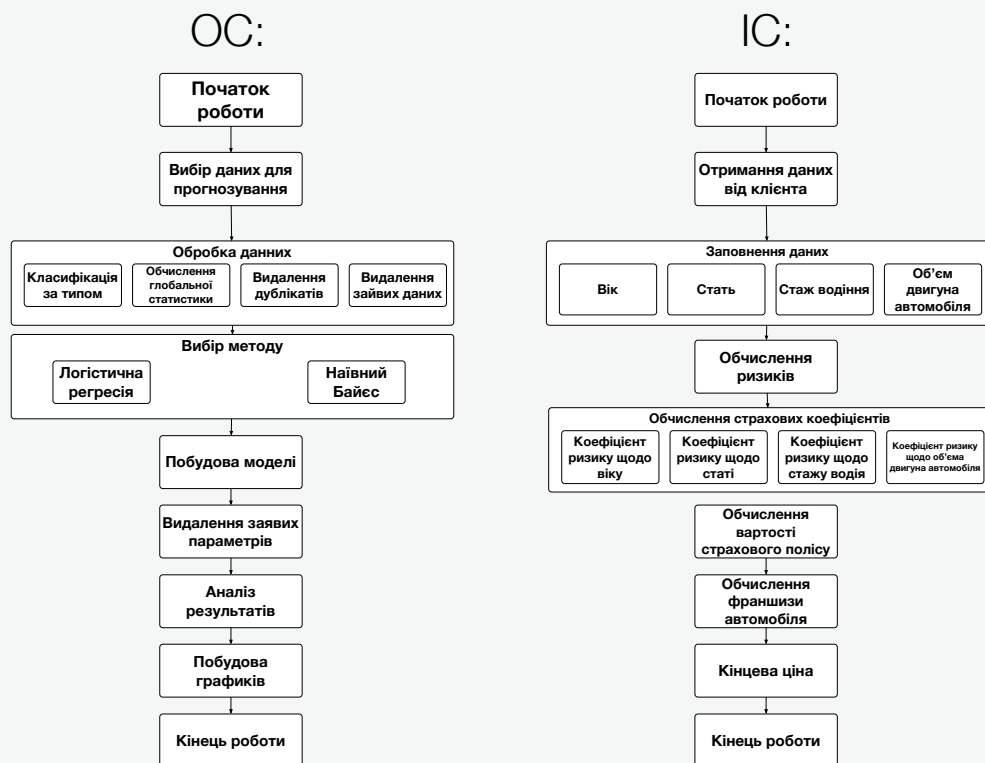


Інформаційна система

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with a menu bar containing 'Аналітичні таблиці', 'Кореляційні матриці', 'Мережа', 'Інформаційна система', and 'Графіки'. The 'Інформаційна система' tab is active. The form contains the following input fields and buttons:

- Пол: M (dropdown)
- Возраст: 22 (text box)
- Стаж: 4 (text box)
- Город: Одесса (dropdown)
- Объем двигателя: 2500 (text box)
- Козф. стаж + возраст: 1.6 (text box)
- Козф. объем: 1.4 (text box)
- Козф. город: 1.8 (text box)
- Козф. пол: 1.1 (text box)
- Стоимость авто: 300000 (text box)
- Год выпуска: 2000 (text box)
- Стоимость франшизы: 50.0 (text box)
- Стоимость страховки без франшизы: 798.3 (text box)
- Стоимость страховки с франшизой: 848.3 (text box)
- Расчет (button)

Схема роботи програми



Наукова новизна роботи

- Запропоновано модифіковану методику моделювання ризиків автострахування за статистичними, яка здатна враховувати багато критеріїв.
- Розроблено і використано елементи машинного навчання, за допомогою лінійного та наївного байєсівського класифікатора, виконана оцінка якості і моделі використовуючи метод найменших квадратів з ітераційним перерахунком ваг.
- На основі ОС спроектовано і реалізовано оригінальну інформаційну систему для обчислення вартості страхування автомобіля виходячи з найважливіших ризиків.

Практична значимість результатів

- Розроблена модифікована методика, яка може бути застосована для моделювання актуарних ризиків у сфері автострахування з використанням нових критеріїв.
- Створена ІА-система для моделювання ризиків та подальшого використання даних для обчислення вартостей автострахування.
- Побудовані нові математичні моделі для вибраних ризиків.

Перспективи подальших досліджень

- Застосувати для моделювання такі методики як Random Forest, Ленійний дискриминант Фішера, метод найближчих сусідів
- Подальше модифікування обранного метода для розширення можливостей обчислювальної системи за для використання великих даних в автострахуванні.

Дякую за увагу